

PERSPECTIVAS Y ENFOQUES DE LA CONVERGENCIA

Federico Stezano
Coordinador



Red Temática CONACYT
“Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad”

Perspectivas y enfoques de la convergencia

PERSPECTIVAS Y ENFOQUES DE LA **CONVERGENCIA**

Federico Stezano
(coordinador)

Red Temática Conacyt
“Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad”
web: <http://www.red-convergencia.org.mx>
twitter: @Redtematicaccbs

Esta publicación se realizó gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología durante el año 2016 a la Red Temática “Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad” (proyecto 270157).

Primer edición, noviembre de 2016

© 2016

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt)

Los autores se reservan los derechos de autor
respectivos de sus textos

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN: En trámite

Queda prohibida su reproducción y difusión total
o parcial por cualquier medio, tanto físico como
electrónico, sin la autorización del propietario de
los derechos de la obra.

Impreso y hecho en México

PRÓLOGO

Desde 2014 a la fecha, el programa de Redes Temáticas del consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) ha apoyado el proyecto de nuestra Red Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad. El trabajo del equipo busca el objetivo de conocer las posibilidades reales que existen en México para reunir las actividades de innovación en los sectores de tecnologías de la información y comunicación (TIC), nanotecnología, biotecnología y aeroespacial. De este modo, la Red Temática Convergencia busca contribuir a la caracterización y conceptualización del proceso de convergencia tecnológica en México desde una perspectiva de investigación orientada a favorecer los esfuerzos realizados a nivel público y privado en las áreas del conocimiento que participan de este nuevo paradigma de generación y aplicación de conocimiento como lo son los sectores tecnológicos mencionados.

El problema principal que atiende nuestra Red Temática alude a las dificultades para diseñar estrategias de construcción de procesos de convergencia tecnológica y de conocimientos que den lugar a innovaciones y proyectos transdisciplinarios basados en una intensa vinculación entre los actores productivos, científicos y sociales. Desde el comienzo de nuestro trabajo conjunto hemos detectado cuatro causas que generan ese problema y que la red busca solucionar, éstas son:

1. Conocimiento poco sistematizado sobre las etapas de desarrollo de la convergencia entre campos científico-tecnológico emergentes; las medidas, mecanismos y políticas públicas existentes para favorecer estos procesos; el tipo de problemas que se atienden con innovaciones convergentes en beneficio de la sociedad.
2. Falta de claridad en la diferenciación de los niveles de coordinación de las políticas públicas para: la creación de conocimiento (nuevas formas de gobernanza y procesos de agregación de actores), los roles de plataformas tecnológicas convergentes (considerando efectos disruptivos a nivel de paradigmas tecnológico-productivos e implicaciones éticas y medioambientales de la convergencia) y las dinámicas de cadenas globales de valor.
3. Incipiente conceptualización analítica para caracterizar nuevas formas de generación y transmisión del conocimiento.
4. Escasos procesos de colaboración y vinculación entre redes y proyectos de TIC, manufactura avanzada, biotecnología y/o nanotecnología para contribuir a la convergencia del conocimiento en beneficio de la sociedad.

En este momento, la Red Temática se compone de 91 miembros: 79 investigadores, seis estudiantes y seis investigadores especialistas internacionales. Los integrantes pertenecen a 41 instituciones de educación e investigación, empresas y organizaciones civiles de 16 entidades federativas nacionales, además de otros cinco países.

Red Temática Conacyt Convergencia del conocimiento para beneficio de la sociedad: nuestra problematización

La noción de convergencia tecnológica (en adelante, CT) ha cobrado una importancia creciente desde la iniciativa estadounidense NBIC del año 2001. En estas siglas se reúne lo que Roco y Bainbridge (2003) definieron como las cuatro provincias de ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) que actualmente crecen a una tasa muy alta: nanotecnología, biotecnología, TIC y ciencias cognitivas; es decir: *nano-bio-info-cogno*. El aspecto constitutivo del concepto de convergencia tecnológica alude a relaciones, sinergias o fusiones entre amplios campos de la investigación científica y el desarrollo tecnológico (i+d) como nanociencia y nanotecnología, biotecnología y ciencias de la vida, tecnologías de información y comunicación, ciencias cognitivas y neurotecnologías, robótica e inteligencia artificial entre otros campos (Andler *et al.*, 2008).

En este marco, emergen dos amplios grupos de implicaciones asociadas a la dinamización de las relaciones entre distintas disciplinas científicas y sectores tecnológicos: 1) en términos de desarrollo cognitivo, la inter y trans-disciplinariedad y la convergencia entre tecnologías en cuanto paradigmas y 2) las consecuencias y desafíos de la convergencia en términos institucionales, organizacionales, de estructuración de la investigación, de diseño y evaluación de políticas de CTI.

Para la Red Temática, una comprensión clave del proceso de convergencia de conocimiento para el beneficio de la sociedad debe enfatizar la investigación centrada en la confluencia e interacción de distintas disciplinas con el objetivo de crear valor agregado y así generar áreas de conocimientos emergentes orientadas a enfrentar nuevos retos de la economía y la sociedad de la próxima década ante nuevos entornos tecnológicos, de competencia y regulatorios.

En este marco, una estrategia de anticipación de la convergencia interesa a empresarios, académicos y *policy-makers* vinculados a los sectores tecnológicos emergentes. Para las empresas, un esquema pros-

pectivo de este tipo les permite planificar alianzas estratégicas clave o de adquisición temprana de nuevas tecnologías convergentes. A su vez, estos análisis brindan información relevante 1) los investigadores sobre futuros campos de conocimiento donde establecer colaboraciones de i+d y 2) a los *policy-makers* sobre la articulación de regulaciones e incentivos que requieren los nuevos sectores tecnológicos (Curran, 2013: 3).

Esta reflexión subraya la relevancia de esquemas de vinculación para la innovación en México. El concepto de convergencia asume que los vínculos ciencia-industria-gobierno son una estrategia clave para el desarrollo de investigaciones orientadas a la convergencia: multi-institucionales, colaborativas e inter-disciplinarias. Ese esquema cooperativo se asume que favorecerá el desarrollo de capacidades de todos los actores vinculados a procesos de i+d e innovación convergentes. Estos aspectos problemáticos definen las preguntas constitutivas de la Red Temática Convergencia siguientes:

- ¿Cómo formar nuevas capacidades de investigación y conectividad para responder a los cambios productivos y tecnológicos que inciden a nivel internacional, y a los que México no ha dado aún un respuesta?
- ¿Cómo las investigaciones transdisciplinarias pueden favorecer el establecimiento de bases cognitivas y epistémicas de nuevas disciplinas?
- ¿Cuáles son los incentivos y obstáculos principales que enfrenta el desarrollo de las disciplinas convergentes en México?
- ¿En qué industrias se observan posibilidades y potencial de participación y de transferencia de tecnología de los sectores que analiza la red?
- Los nuevos paradigmas plantean redefiniciones a nivel de política pública que apelan a la necesidad de readecuación de indicadores, herramientas y de perspectivas educacionales de las instituciones. ¿Cómo pueden las instituciones científicas y

sociales generar nuevas estrategias para aprovechar los resultados de los procesos de convergencia a nivel productivo, ambiental, regional y/o espacial?

- ¿Cómo enfrentar la heterogeneidad en las estructuras económico-productivas (distinguidas por la disociación entre políticas industriales, científicas y educativas) que ha inhibido la acumulación y diversificación de capacidades endógenas?
- ¿Cómo estimular la diversificación de los sectores intensivos en recursos humanos hacia sectores intensivos en conocimiento?
- ¿Cómo incrementar la participación del sector productivo en disciplinas convergentes a partir de la coordinación entre políticas industriales y de innovación?
- ¿Cómo pueden las Ciencias Sociales favorecer cambios y acercamientos entre disciplinas convergentes y actores sociales?

Nuestros objetivos

Dado este contexto, nuestra Red Temática plantea la necesidad de profundizar el análisis de las estrategias de construcción de los procesos de convergencia que han dado lugar a proyectos transdisciplinarios con una intensa vinculación con los sectores productivos y sociales. Lo anterior con el propósito de detectar los obstáculos e incentivos críticos para esos procesos de vinculación y buscando promover colaboraciones entre empresas, grupos y redes de investigación que busquen impactar los modos de producción del conocimiento científico y las formas de generación de innovaciones a través de la transferencia de conocimiento.

El interés de esta Red es abrir un espacio de discusión y análisis sobre una perspectiva que ha generado expectativas en la orientación de las políticas de innovación en múltiples países desarrollados, principalmente Estados Unidos, Alemania, Corea del Sur, Japón y China. El enfoque de la convergencia de conocimiento y tecnología para benefi-

cio de la sociedad supone la investigación multidisciplinaria centrada en la confluencia e interacción de nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información, ciencias cognitivas y manufactura avanzada (ver el trabajo de Casalet en este libro). Se destacan, de este modo, cuatro dimensiones de trabajo del grupo:

1. Identificar experiencias en áreas productivas que abren nuevos campos de aplicabilidad para refinar la conceptualización de la convergencia.
2. La detección de esfuerzos públicos y privados para apoyar con recursos financieros, programas e iniciativas al nivel productivo, científico, de formación y de transferencia de conocimientos que consoliden nuevas áreas productivas emergentes de la interacción entre distintas disciplinas y el ámbito productivo.
3. Determinar el impulso hacia trabajos multidisciplinarios para explicar distintas tendencias de la problemática (estandarización, gobernanza, patentes, fondos de investigación), cuya significación económico-productiva adquiere importancia ante los cambios tecnológicos ocurridos por la transformación industrial, organizativa y de negocios.
4. Sistematizar el modo en que estos cambios impactan las trayectorias académicas, la conformación de equipos de investigación y el propio proceso de investigación, ya no monodisciplinario sino en colaboración.

Los nuevos procesos de innovación inducen a grandes recomposiciones que impactan a diferentes industrias, generando nuevas complementariedades, productos y mercados. En este contexto, la Red Temática busca identificar y sistematizar el modo en que emergen en México estos espacios de trabajo conjunto que requieren la colaboración de campos de conocimiento emergentes basados en plataformas tecnológicas interoperables. La propuesta de la Red Temática se orienta así a generar estrategias de comprensión del fenómeno y de explicacio-

nes que contribuyan a mejorar las capacidades nacionales de respuesta institucional, organizacional, de los sistemas de investigación y de las políticas de innovación para afrontar los nuevos escenarios que genera la convergencia.

Productos y logros alcanzados como beneficio de nuestra constitución en Red

Los tres años iniciales de trayectoria del grupo nos han permitido consolidar algunas líneas transversales de investigación novedosas en el estudio de los procesos de innovación desde distintas perspectivas de las ciencias sociales. La tabla que sigue presenta algunos de los principales productos alcanzados desde 2014 a la fecha, en el que se destaca la relevancia de la heterogeneidad de instituciones, disciplinas y enfoques analíticos que constituyen el trabajo de nuestro grupo.

2014	2015	2016
Primer Congreso General: articulación de miembros de la Red, debates académicos y organización anual.	Segundo Congreso General: articulación de actividades, profundización de propuestas temática.	Tercer Congreso General: readecuación de ejes transversales de la Red, debate sobre nuevos esquemas de análisis.
Iniciativa Mexicana de Consorcios Academia-Industria en el Sector TI	<i>Newsletter</i> de difusión de la temática de convergencia tecnológica y de conocimiento	<i>Newsletter</i> de difusión de la temática de convergencia en el Sector TIC: Internet industrial e Industria 4.
<i>Workshop</i> del eje de Manufactura Avanzada y Sector Aeroespacial	Primera encuesta a empresas de bio y nanotecnología en México	Encuentro anual internacional de discusión de ejes de la convergencia: modelos, estudios de caso y debate de políticas.

Workshop sobre Procesos de convergencia y divergencia en nano y biotecnología.	Libro colectivo: <i>Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad. Tendencias, perspectivas, debates y desafíos.</i>	Libro de difusión sobre la temática de convergencia tecnológica y llamado a publicación para libro sobre procesos de innovación en el sector nanotecnológico
	Participación en la Vigésima Segunda Semana Nacional de Ciencia y Tecnología	Entrevistas a empresas y grupos de investigación nacionales e internacionales que trabajan en proyectos de convergencia tecnológica
	Tres <i>workshops</i> temáticos: 1. Gobernanza e impulso a la implementación de Agendas Estatales de Innovación (manufactura avanzada); 2. Análisis de políticas y actividades empresariales de innovación en bio y nanotecnología y 3. Convergencia de las TIC en los sectores productivos.	Workshop transversal: enfoques y perspectivas teóricas, analíticas y metodológicas de los procesos de convergencia tecnológica y de conocimiento

Productos de la Red Temática 2014-2016.

Adicionalmente, durante los tres años de trayectoria nuestra Red ha desarrollado procesos de movilidad nacional e internacional, se ha involucrado en la elaboración de proyectos inter-institucionales presentados en convocatorias de investigación, ha generado vínculos con grupos internacionales con perspectivas de convergencia (en Argentina, Brasil, Canadá, Argentina, España, Estados Unidos, Uruguay y

Suiza). Además se han generado artículos y ponencias conjuntas entre miembros de la Red y ha existido una amplia difusión de las actividades científicas del grupo con apoyo en redes sociales y sitio web (red-convergencia.org.mx)

Consejo Técnico Administrativo (CTA)

A la fecha, nuestro CTA está compuesto por los siguientes miembros: Sergio Carrera (INFOTEC); Mónica Casalet (FLACSO-México); Rebeca de Gortari (IIS, UNAM); Cristina Loyo (LANIA); Alberto Morales (Facultad de Economía, UNAM); Federico Stezano (CIECAS-IPN), coordinador general y Daniel Villavicencio (UAM-X).

Sobre la presente edición

Esta publicación busca difundir el conocimiento generado por la investigación desarrollada en la Red Temática; primordialmente hacia públicos más amplios que el de la comunidad científica especializada; de esta manera, el lector podrá encontrar en el trabajo contribuciones que se apoyan en distintas perspectivas teóricas y metodológicas. De este modo se conjugan a lo largo del trabajo análisis sobre el estado del arte de la discusión en torno al concepto, escuelas y visiones sobre la convergencia tecnológica, aspectos que aluden a la necesidad de profundizar debates sobre transdisciplina, avances y aspectos metodológicos en torno a la medición del concepto, los diversos desafíos que imponen los procesos de convergencia en ámbitos diferenciados: grupos de investigación, espacios productivos e instituciones formuladoras de políticas de ciencia, tecnología e innovación, así como debates en torno a la configuración de nuevos esquemas de industrialización e innovación.

Esta publicación busca dar continuidad a otras publicaciones previas y se trata, tal como en el caso del título publicado en 2015, de las pocas obras que reúnen trabajos sobre la convergencia en nuestra lengua. Presenta nueve trabajos que cubren distintas dimensiones analíticas, teóricas y empíricas de los debates sobre convergencia tecnológica.

La contribución de Mónica Casalet analiza, desde una perspectiva de convergencia científica y tecnológica, los nuevos fenómenos de manufactura avanzada, internet industrial e industria 4.0 entendidos como ilustrativos de los procesos actuales de innovación en donde se presentan transformaciones sustantivas respecto a las industrias y la organización productiva, los esquemas de negocios y el creciente uso de la ciencia en la producción. El trabajo proporciona elementos analíticos y conceptuales centrales de las futuras discusiones de los rumbos y trayectorias diferenciadas que asumen y asumirán en los próximos años los procesos de convergencia científica y tecnológica.

A este trabajo siguen tres contribuciones que analizan el fenómeno de Big Data. El trabajo de Edgar Buenrostro, partiendo de la constatación de la creciente importancia que se da en las conceptualizaciones de los procesos de convergencia al manejo de grandes volúmenes de datos, la necesidad de cuestionar sus fuentes y beneficios potenciales. Con dicho fin, Buenrostro subraya la importancia de la interacción entre actores provenientes de diferentes entornos y disciplinas para generar y utilizar los grandes cúmulos de datos. Bajo este esquema analítico el trabajo muestra que los datos pueden utilizarse para responder a problemas complejos, siempre que se articulen con conocimiento proveniente de distintas disciplinas científicas y tecnológicas.

En caso del texto de Rubén Oliver, describe críticamente las tendencias, características, significados y comprensiones de Big Data nacional e internacionalmente. Asumiendo que Big Data es un proceso típicamente representativo del paradigma tecno-económico actual, que configura una plataforma para el tratamiento de datos adecuada a la nueva realidad de la hiperconectividad, y que supone implicaciones sobre el ámbito industrial (*i.e.* producción automotriz, de tecnologías de la información, y aeroespacial), iniciativas como las ligadas a ciudades inteligentes, la interconexión de dispositivos móviles a enseres domésticos y en servicios turísticos y financieros. Como plantea Oliver, los análisis sobre estos beneficios asociados al Big Data son un desafío central para la agenda de investigación actual de análisis de procesos de ciencia, tecnología e innovación.

Seguidamente, Antonio Sánchez plantea la relevancia de dos técnicas innovadoras para el procesamiento y análisis de los grandes volúmenes de datos que conforman el fenómeno de Big Data: 1) la visualización gráfica de datos y 2) la minería de datos desde técnicas de aprendizaje automatizado. El análisis de Sánchez describe los rasgos centrales de ambas técnicas, destacando que el producto del uso de las mismas es una selección y estimación de patrones de clasificación. Esto es, la denominada obtención de datos inteligentes. Con el objetivo de determinar el nivel de inteligencia del procesamiento de Big Data,

Sánchez plantea dos métricas básicas: la factibilidad de efectuar el proceso y la calidad de los patrones obtenidos.

Los siguientes tres trabajos analizan el uso y la aplicación de las tecnologías de información y comunicación e Internet en esquemas productivos, destacando de este modo el carácter de transversalidad de las TIC. El trabajo de Lourdes Álvarez y Lourdes Marquina en primer lugar, se centran en mostrar el carácter disruptivo del proceso de innovación que generó Internet como resultado de la convergencia de los sectores de microelectrónica, informática y telecomunicaciones. Adicionalmente, su contribución destaca las dinámicas y trayectorias de profundización y complementariedad que asumen estos procesos. Así, las autoras muestran el modo en que la convergencia digital con otras industrias genera nuevos procesos de convergencia y de innovación, tal cual es analizado en el caso del sector automotriz.

Horacio Tapia, por su parte, se interesa por el modo en que se han configurado los más recientes avances científicos y tecnológicos y cómo brindan herramientas explicativas sobre el funcionamiento y condiciones físicas de sistemas complejos. Estos métodos y técnicas permiten formular modelos y descripciones robustas de dichos sistemas. Las simulaciones computacionales a partir de estos modelos señala Tapia, aparecen como una oportunidad para empresas nacionales que buscan reducir los costos asociados a fallas. Estos modelos además, pueden permitirle a estas empresas explorar escenarios evolutivos de los sistemas que apoyen la definición de estrategias de negocio.

Arturo Serrano, Verónica Rojas, Cristián Castillo, Anamaria Escofet y Roberto Conte plantean en su ensayo que la penetración de las TIC en el sector salud ha permitido la configuración de la llamada e-Salud como un sistema abierto. Este sistema se distingue por su complejidad y dinámicas de interacción e interdependencia de factores tecnológicos, socioculturales, normativos y económicos. Ante la multicausalidad de los factores explicativos de estos fenómenos al interior de los sistemas, los autores enfatizan la necesidad de apelar a explicaciones sustentadas en los enfoques de ciencias de la complejidad.

Esquemas analíticos de este tipo, señalan, pueden dar lugar a nuevos conocimientos sobre el fortalecimiento del ecosistema de e-Salud a local, regional y nacionalmente, que favorezcan su mayor efectividad e índice de impacto.

Dos dimensiones de gran relevancia para la comprensión de las trayectorias y dinámicas de los procesos de convergencia científica y tecnológica son abordadas en los dos trabajos finales de este trabajo: las políticas de ciencia, tecnología e innovación orientadas hacia la convergencia y la dimensión ética de estos procesos.

El trabajo de Saray Bucio, José Alberto Solís y Pedro Mata plantea que las políticas de CTI que subrayan las dimensiones territoriales de la innovación son aquellas que mejor reflejan las tendencias y postulados de la convergencia científica y de conocimiento. A través del análisis de la experiencia reciente del Programa de Fondos Mixtos en el estado de Michoacán, los autores señalan modestos avances en un contexto económico y productivo donde hay escasa participación de las disciplinas científicas y tecnológicas relacionadas con los procesos de convergencia (nanotecnología, biotecnología, ciencias cognitivas, TIC, manufactura avanzada). Estas ausencias refuerzan la necesidad de aprovechar áreas de oportunidad aún muy poco abordadas en los programas nacionales de CTI, como puede ser, por ejemplo, dar un especial apoyo a propuestas que desarrollen grupos de trabajo multidisciplinarios donde colaboren distintos sectores productivos y que incluyan a actores del sector empresarial, científico y de la sociedad civil.

Finalmente, este trabajo cierra con el aporte de Carlos Amador, Luis García y Leticia Velarde sobre las repercusiones éticas del desarrollo de trayectorias científicas y tecnológicas convergentes. Los autores señalan la relevancia de profundizar los análisis de los límites (en los fines, en los medios, por las condiciones y circunstancias y por las consecuencias) de la generación de conocimiento y el desarrollo tecnológico que distinguen la evolución de los procesos de convergencia. En este sentido, se vuelve particularmente relevante generar una reflexión ética constante y profunda sobre las consecuencias que se pueden derivar del

uso de estas nuevas disciplinas científicas o campos tecnológicos convergentes, desde una perspectiva que atienda sus implicaciones sociales a mediano y largo plazo.

Reflexión final

Los procesos de convergencia científica y tecnológica son motivo de una atención creciente por parte de los *policy-makers*, tal como se constata en las actuales agendas de políticas industriales y de innovación. Las crecientes políticas de (re)industrialización que plantean múltiples países desarrollados dan cuenta de la relevancia del fenómeno. Desde hace 15 años crecen esquemas que han orientado, guiado y movilizado recursos, particularmente a partir de mecanismos de financiamiento pero también buscando estimular el interés de los investigadores y actores industriales.

No obstante, las dimensiones multicausales que constituyen la noción de convergencia y comienzan a incorporarse en las políticas de innovación a nivel internacional, aún no están consolidadas en la discusión de nuevas agendas de política en México. En este sentido, un desafío que nuestra Red Temática busca abordar con esta publicación de divulgación es fomentar el interés en el tema en la comunidad de actores de la innovación en México. Todos los textos buscan así ser una invitación a todos los agentes relacionados con los procesos de innovación: *policy-makers*, empresarios, sociedad civil y académicos.

Los procesos de convergencia son una importante puerta de entrada en el ámbito del análisis de las dinámicas y tendencias de los procesos de innovación. Esto permite comprender la valía de aumentar los conocimientos sobre estos procesos y plantear estos nuevos desafíos en las nuevas agendas de innovación en México. El avance en términos de herramientas heurísticas, metodológicas y teórico-analíticas que expliquen la causalidad de los factores que guían los actuales procesos de innovación, ha sido más irregular y menos consistente que los

avances que se dan en el diseño de políticas de innovación de carácter convergente. Esto denota que se trata de un campo de investigación aún en construcción y debate. Esta dificultad hace más valioso el reto de construcción de conocimiento que busca abordar nuestro grupo de trabajo y supone un desafío cognitivo y epistemológico al que se espera a contribuir con esta publicación.

FEDERICO STEZANO

Ciudad de México, noviembre de 2016

Bibliografía

- Andler, D., Barthelmé, S., Beckert, B., Blümel, C., Coenen, C., Fleischer, T., Friedewald, M., Quendt, Ch., Rader, M., Simakova, E. y Woolgar, S. (2008). *Converging Technologies and their Impact on the Social Sciences and Humanities (Contecs). An Analysis of Critical Issues and a Suggestion for a Future Research Agenda*. Final Report, Sexto Programa Marco. Karlsruhe, Alemania: Unión Europea.
- Curran, C. (2013). *The Anticipation of Converging Industries. A Concept Applied to Nutraceuticals and Functional Foods*. Londres: Springer.

LA CONVERGENCIA DEL CONOCIMIENTO Y LAS TECNOLOGÍAS: UNA PROPUESTA EXPLICATIVA PARA LAS ESTRATEGIAS DE FABRICACIÓN DIGITALIZADAS

Mónica Casalet Ravenna
FLACSO-México

El interés de la escritura de este artículo descansa en reflexionar sobre algunos aspectos relacionados con el avance y la utilización de ciencia en la producción —denominados manufactura avanzada, internet industrial, Industria 4.0— que constituyen los grandes cambios de la transformación actual en aspectos industriales, organizativos y de negocios. El incremento de las capacidades de comunicación, de procesamiento y de interacción con el entorno, así como la reducción de costos de forma exponencial posibilitó el trabajo colaborativo entre dispositivos y agentes.

Las derivaciones de la integración del conocimiento con la producción son múltiples; los efectos se manifiestan en la gestión, en los nuevos modelos de negocios, la formación profesional y el trabajo de investigación. Las exigencias del proceso productivo plantean un trabajo cada vez más colaborativo, que integra equipos multidisciplinarios ligados con la industria, los nuevos retos alcanzan también a la evaluación del rendimiento académico, y enfatizan el contenido aplicado de la investigación.

Los aspectos centrales del trabajo se refieren a la digitalización en la reindustrialización que involucra todo el ciclo productivo con una estrategia de industria conectada desde el diseño, la fabricación, la logística, la distribución y nuevos modelos de negocios. Los cambios en la producción industrial que surgen con los avances de la digitalización y los procesos de interconexión extrema (internet industrial–Industria 4.0, Manufactura avanzada) posibilitan la creación de productos y procesos inteligentes y conectados integrados con servicios asociados con alto valor agregado y potencial en toda la cadena de valor (Iturriaga, 2015; Orkestra, 2015).

Por otro lado, el enfoque de la convergencia del conocimiento y las tecnologías surge como un metaparadigma para explicar la innovación y la interacción transdisciplinar basada en la colaboración (MacGregor *et al.*, 2013). El enfoque de la convergencia busca construir una capacidad explicativa para analizar los cambios en el desarrollo científico y, a su vez, proponer una guía para orientar la investigación en los diversos campos de aplicación. (Woolgar, Coenen y Simakova, 2008). Ambas perspectivas están conectadas; además, plantean nuevos desafíos en el posicionamiento del país en un contexto de industrialización donde las actividades de producción son una fuente de innovación fundamental. Por ello, la importancia de abordar la complejidad de esta problemática que implica un futuro inmediato pero cuya apropiación exige formación y nuevas definiciones de estrategias para el desarrollo empresarial en sectores manufactureros.

De ahí la importancia de responder a las siguientes preocupaciones: cómo identificar los retos se deben afrontar y qué experiencia se puede extraer de los países industrializados que ya han implementado un plan estratégico y agendas de investigación alineadas con las prioridades de la fabricación avanzada; cómo la perspectiva de la convergencia del conocimiento y las tecnologías puede ayudar a elaborar una agenda para el crecimiento inteligente, sostenible e incluyente; cómo generar redes cuya densidad y continuidad permitan coordinaciones flexibles como una gobernanza que impulse acciones multisectoriales con la participación de agentes diversos.

Los países industrializados emergen como protagonistas de una nueva estrategia de posicionamiento competitivo

La tecnología de fabricación digital aún no es de uso masivo pero, paulatinamente su aplicación y asimilación, provoca cambios a nivel de la producción en las grandes empresas, especialmente en pequeños proveedores Pymes, ya que abre nuevos espacios de intercambio comercial, productivo y para el desarrollo de emprendedores.

El movimiento de la fabricación avanzada abarca todos los aspectos de la producción, incluyendo la rápida respuesta a las necesidades de los clientes a través de innovaciones en los procesos productivos y en las cadenas de suministro. La fabricación se hace más intensiva en conocimiento, las tecnologías de información, la modelización y la simulación están integradas en el diseño y fabricación de los productos, enfatizando las prácticas ambientales sostenibles.

Las iniciativas estratégicas apoyadas por los gobiernos de Estados Unidos, Alemania, Corea del Sur entre otros, estimulando la I&D (Jeong y Lee, 2015), el crecimiento de patentes (Jeong, Kim y Choi, 2015; Karvonen y Käsi, 2013; Gauch y Blind, 2014) determinan un crecimiento dominante en el futuro, con combinaciones de mayor complejidad entre tecnologías y actores.

La manufactura avanzada desarrollada en Estados Unidos busca la reindustrialización del país. El intento está orientado a revitalizar el sector manufacturero por lo cual se ha diseñado una amplia estrategia que involucra cambios impositivos, normativos y del sistema social. La creación del Programa Nacional de Manufactura Avanzada forma parte de este plan, por el papel crítico que representa la manufactura en la economía y la contribución a la innovación, el empleo y la importancia que tiene para un sector básico de la economía: las Pymes. Esta estrategia se desagrega en varios niveles, entre los que se destacan:

1. El control de las ventajas competitivas en los países asiáticos, con sistemas impositivos basado en incentivos para abaratar costos para los productores norteamericanos.

- II. Una revisión del sistema de normas y regulaciones que pueden afectar los niveles de productividad y actuar como un estímulo negativo frente a la inversión extranjera en el sector manufacturero del país.
- III. El aumento del volumen y la calidad del gasto en investigación y desarrollo del sector manufacturero. 50% en el aumento de la inversión está centrado en actividades de manufactura de alta tecnología y el sector emergente de servicios tecnológicos de creciente importancia por el impacto transversal en todo el sector manufacturero en su conjunto. Paralelo al aumento de la inversión, se procuró ajustar la composición del gasto en innovación y desarrollo, enfatizando los planes de largo plazo, las tecnologías disruptivas y la diversificación del portafolio para las tecnologías emergentes.
- IV. La difusión de un creciente número de *clusters* tecnológicos, que no solo ofrezcan un espacio físico común para los emprendimientos, sino también un portafolio de investigaciones y de manejo que faciliten el contacto cara a cara considerado central en las etapas iniciales de los proceso de innovación.
- V. El cambio en la estrategia comercial frente a los países asiáticos, a través de la remoción de las barreras arancelarias y manipulaciones de precios que elevan la competitividad en especial de China. Esta nueva estrategia involucra el establecimiento de alianzas con países del este de Asia y el Pacífico para aumentar el intercambio comercial dentro de un conjunto de reglas más transparentes en la fijación de precios. Parte de esta política comercial representa una agresiva política de protección de la propiedad intelectual del sector manufacturero estadounidense.
- VI. Mejorar las capacidades de la fuerza del trabajo del sector manufacturero en especial en las áreas de la ingeniería, matemática y ciencias que constituyen conocimientos indispensables en los sectores manufactureros avanzados (Department of Commerce Manufacturing Council Advisory Committee, 2008; Zhang y Li, 2010; Ezell y Atkinson, 2011).

La manufactura avanzada desarrollada en Estados Unidos depende: 1) del uso y coordinación de la información, automatización, computación, software, sensores y funcionamiento en red, 11) del uso de materiales de vanguardia y de las capacidades emergentes de las ciencias físicas, biotecnología, nanotecnología, química, ciencias cognitivas.

La Industria 4.0 planteada en Alemania persigue una estrategia dual basada en la integración de las TIC en los medios de producción y en la creación de nuevos mercados. A través del despliegue de los sistemas ciber-físicos (CPS) y el fortalecimiento de la posición de las empresas alemanas como proveedoras líderes en el mercado mundial de tecnologías y productos de sistemas ciberfísicos. El uso de Internet Industrial (IIoT) posibilitó la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión física y virtual. Los sistemas ciberfísicos aúnan por una parte máquinas inteligentes, por otra, sistemas de almacenamiento de información, y además equipos de producción capaces de intercambiar información autónomamente, lanzar acciones y controlarse mutuamente (Acatech, 2011). En esta nueva fase de cambio tecnológico las TIC se convierten en una parte integral del mismo producto, se reconfiguran las cadenas de valor y se añaden nuevas actividades como análisis de datos y seguridad.

Compromiso de las grandes empresas en la inversión e investigación de la digitalización

Las grandes empresas participaron en búsqueda de nuevos modelos disruptivos: Internet Industrial surge como una iniciativa de General Electric en 2011; cuenta con una importante posición en el mercado, por su tamaño e inserción internacional, representa una de las primeras experiencias de convergencia empresarial (Agarwal y Brem, 2015; Evans y Anunziata, 2012). Internet Industrial es un proceso que fusiona el mundo digital con el mundo de las máquinas; es la convergencia de un sistema industrial con el poder de la computación avanzada. Los

elementos determinantes son las máquinas inteligentes, la analítica de datos y el personal calificado.

Posee también un gran potencial para incrementar la productividad a través del uso de operaciones inteligentes, actividades centralizadas y la integración de *software* de negocios. Acelera la productividad, la toma de decisiones en tiempo real con el perfeccionamiento de sistemas y dispositivos inteligentes. Supone una transformación para manejar la convergencia intraempresa y los modelos de negocios en la integración de tecnologías separadas para interactuar unas con otras y crear sinergias.

Diferentes denominaciones: una apuesta similar

Las bases técnicas de Industrial Internet e Industria 4.0 son muy similares, aunque la primera es más amplia que la producción industrial. En ambas se plantea retos técnicos y cambios organizacionales en la estructura de la empresa, en la formación basada en perfiles multidisciplinarios. Tanto Internet Industrial como Industria 4.0 plantean nuevos modelos de negocios que evolucionan hacia nuevos estadios competitivos, con asunción de riesgos y capacidad de visión estratégica. Los servicios a los productos o actividades industriales adquieren un papel determinante.

Elementos determinantes

1. Las comunicaciones inalámbricas, el desarrollo de sensores y actuadores integrados y de dispositivos portátiles originó la aparición del nuevo paradigma de computación ubicua que permite la monitorización de parámetros, así como el acceso a servicios de computación y comunicaciones en cualquier momento y lugar.

- II. Mediante una infraestructura ubicua de este tipo, los usuarios, sensores, dispositivos, sistemas y aplicaciones interactúan entre sí y con el mundo físico.
- III. La combinación de sistemas y procesos físicos con sistemas de monitorización, actuación y computación en red (sistemas ciberfísicos CPS) facilita la interacción entre ellos, añadiendo nuevas capacidades a los sistemas físicos.

Ventajas de las propuestas de Internet Industrial e Industria 4.0

Estos sistemas van más allá de las ventajas que en forma aislada pueden proporcionar los avances de automatización a nivel de la planta, o las tecnologías de información respecto a la gestión de los negocios o las herramientas de simulación en ingeniería, existe una cooperación inteligente que consolida una elevada sinergia.

Las consecuencias no son meramente tecnológicas, implican cambios organizacionales en la estructura de las empresas supone una transformación social que despliega la construcción de un ecosistema de innovación. Contribuye a la reducción de los períodos de llegada al mercado y proporciona flexibilidad y adaptabilidad, a partir de productos más complejos, producción en masa personalizada y ciclos de innovación más cortos. En términos de organización industrial, se pasa de estructuras para fabricar productos aislados a productos inteligentes y conectados, luego a sistemas de productos y, finalmente, a sistemas de sistemas.

La cooperación inteligente que supone la combinación sinérgica de tecnologías, permitirán alcanzar ventajas competitivas como por ejemplo:

- I. la reducción radical del tiempo y costos de fabricación de nuevos productos; incremento y precisión de la capacidad en la toma de decisiones productivas y de negocios, con capacidad de

- conocer en forma virtual y en tiempo real las cadenas de valor completas;
- ii. estrategias de integración emergen como un factor clave en la reducción de tránsitos entre las diferentes etapas de la cadena de valor;
 - iii. desarrollo de servicios con valor agregado.

Desafíos para la colaboración multidisciplinaria, la formación y la seguridad

La industria 4.0 plantea nuevos desafíos a la ciencia y la investigación. Los procesos con múltiples dispositivos y características tecnológicas diferentes plantean un problema de estándares e interoperabilidad. La convergencia tecnológica ha eliminado la segmentación tradicional de los servicios de telecomunicaciones, con una mayor integración en la cadena de valor, la articulación de nuevos actores y esquemas de competencia globales.

La generación de confianza y seguridad se ha convertido para consumidores y empresas en aspectos fundamentales en el uso de medios digitales. Los temas de seguridad, privacidad, protección de datos y protección al consumidor captan la atención de las autoridades para la regulación. La apropiación de estas tecnologías exige cambios en la formación vinculados con:



La convergencia del Conocimiento y las Tecnologías: un enfoque explicativo basado en la colaboración multidisciplinaria

En la identificación de los aspectos básicos de la problemática de la convergencia (Roco y Bainbridge, 2001; Nordmann, 2004) señalan que es un proceso que se extiende y transforma la forma de trabajo de diferentes disciplinas que tradicionalmente funcionaron separadas. La proliferación de conexiones, los impactos de la globalización y la necesidad de proporcionar nuevas respuestas a la producción y demandas sociales fueron creando nuevas interacciones, capacidades y comportamientos relacionales. Estas interrelaciones facilitaron la investigación y desarrollo a nivel institucional en vinculación con los grupos productivos, definiendo nuevas oportunidades para articular los enlaces en las cadenas de valor. A su vez, conformaron nuevos nichos de conocimiento con un carácter colaborativo y de mercado valorizando la emergencia de nuevas industrias y clústeres. Este desarrollo afectó a los servicios, mercados, políticas de desarrollo, la estructura industrial y el comportamiento empresarial facilitando alianzas y fusiones. La integración del conocimiento en los intersticios de las diferentes disciplinas constituye un desafío crítico para la innovación y la gestión (Wallin, 2012). De esta manera, las disciplinas convergen en un nuevo campo híbrido: no es un proceso unidireccional, la convergencia supone la divergencia que se inicia antes de la formación de los nuevos sistemas integrados y lidera nuevas competencias, productos y áreas de aplicación sin que las industrias implicadas se vuelvan similares.

La multidisciplinariedad surge como una forma relevante para la búsqueda de nuevas soluciones, sostenida en algunos países industrializados por los programas de las políticas públicas (industrial, de investigación y desarrollo, de formación de capacidades) que introducen complementariedades entre diferentes industrias o dentro de subsectores de una industria (Hacklin, 2007). Las exigencias del proceso productivo plantean un trabajo cada vez más colaborativo que integra

equipos multidisciplinarios ligados con la industria. La colaboración va más allá de interacciones esporádicas, paulatinamente se crea un lenguaje, herramientas y una visión similar que fortalece un enfoque compartido.

Organizar y consolidar una colaboración real no es fácil, inciden las barreras institucionales y culturales del país, los hábitos rigidizados de la comunidad científica y los mecanismos de control de la actividad de investigación. La apropiación de este paradigma supone un aprendizaje organizacional para empresas y centros tecnológicos, fundamentalmente para la comunidad académica y el gobierno nacional y estatal.

Reflexiones finales

Los países industrializados (Estados Unidos, Alemania, Japón, Corea del Sur, o regiones como el País Vasco) optaron por políticas activas de estímulo para el desarrollo de sectores canalizadores de estos paradigmas conformaron una base competitiva de futuro orientada a la fabricación digitalizada y a la renovación de las relaciones entre investigación, la formación y los sectores productivos. Pero no existen legalmente mecanismos de regulación, que permitan orientar una visión convergente del conocimiento en áreas fundamentales de I&D, tampoco hay un apoyo explícito por incursionar en áreas de frontera.

El peso de las barreras institucionales, la consolidación de estructuras jerárquicas en la investigación aunado a una visión cultural y evaluativa individual inciden en el bloqueo de la colaboración transdisciplinaria impiden disponer de una estrategia clara en términos de diseño y mecanismos de implementación para lograr un gran salto adelante. El desafío está en descubrir cómo se articula este proceso para apropiarse del futuro y generar estrategias para diseñar, consensuar, implementar, seguir y evaluar la complejidad de aplicación de estos procesos a teóricamente y en su aplicación.

Bibliografía

- Acatech (2011). *Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production*. Acatech Position Paper. December 2011.
- Agarwal, N. y Brem, A. (2015). Strategic business transformation through technology convergence: implications from General Electric's industrial internet initiative. *International Journal of Technology Management*, 67 (2-4), pp. 196-214.
- Department of Commerce Manufacturing Council Advisory Committee (2008). *Manufacturing Policy Recommendations*. www.trade.gov/manufacturingcouncil/documents/121208_Ltrs_of_Rec.pdf
- Evans, P.C. y Annunziata, M. (2012). *Industrial internet: Pushing the boundaries of minds and machines*". Recuperado de: www.ge.com/docs/chapter/Industrial_Internet.pdf
- Ezell, S. y Atkinson, R. (2011). *The case of a national manufacturing strategy*. The Information Technology & Innovation Foundation. April 2011.
- Gauch, S. y Blind, K. (2014). Technological convergence and the absorptive capacity of standardization. *Technological Forecasting & Social Change*, 91 (2015), pp. 236-249.
- Hacklin, F. (2007). *Management of convergence in innovation: strategies and capabilities for value creation beyond blurring industry boundaries*. Physica: Heidelberg.
- Iturriaga, I. (2015). Manufactura avanzada y efectos de la reestructuración industrial a nivel sectorial y territorial. En M. Casalet (presidencia), *Gobernanza e impulso a las agendas estatales de innovación*. Seminario llevado a cabo en octubre de 2015 en Flacso México.
- Jeong, S., Kim, J. C. y Choi, J. Y. (2015). Technology convergence: What developmental stage are we in?. *Scientometrics*, 104 (3), pp 841-871.

- Jeong, S. y Lee, S. (2015). What drives technology convergence? Exploring the influence of technological and resource allocation contexts. *Journal of Engineering and Technology Management*, 36 (2015), pp. 78-96.
- Karvonen, M. y Kässi, T. (2013). Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence. *Technological Forecasting & Social Change*, 80 (2013), pp. 1094–1107.
- McGregor, D., Baba, M., Oliva, A., Collins McLaughlin, A., Scacch, W., Scassellati, B., Rubin, P., Mason, R.M. y Spohrer, J.R. (2013). Convergence Platforms: Human-Scale Convergence and the Quality of Life. En *Convergence of Knowledge, Technology and Society. Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies* (pp. 72-102). Estados Unidos: National Science Foundation.
- Nordmann, A. (2004). *Converging Technologies: Shaping the future of European societies*. Office for Official Publications of the European Communities, EUR 21357. [//nanotech.law.asu.edu/Documents/2009/09/final_report_en_243_5158.pdf](http://nanotech.law.asu.edu/Documents/2009/09/final_report_en_243_5158.pdf)
- Orkestra (2015). *Cuadernos del Informe de Competitividad del País Vasco 2015. Factores empresariales*. Universidad de Deusto-Instituto Vasco de Competitividad.
- Roco, M.C. y Bainbridge, W.S. (2001). *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*. Springer, Dordrecht. www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf. Consultado el 20 enero de 2016.
- Wallin, M.W. (2012). The bibliometric structure of spin-off literature. *Innovation: Management, policy & practice*, 14 (2), pp. 162-177.
- Woolgar, W., Coenen, C. y Simakova, E. (2008). *The Ontological Politics of Convergence*. CONECTS Final Report, Sexto Programa Marco, Unión Europea. Karlsruhe, Alemania.
- Zhang, Y. y Li, H. (2010). Innovation search of new ventures in a technology cluster: the role of ties with service intermediaries. *Strategic Management Journal*, 31, pp. 88-109.

LOS GRANDES CÚMULOS DE DATOS ¿UNA OPORTUNIDAD PARA QUIÉN?

Héctor Edgar Buenrostro Mercado

INFOTEC

El análisis de los grandes cúmulos de datos (Big Data) se ha planteado como uno de los principales elementos que apoyara la convergencia de conocimientos (Roco *et al.*, 2014: 37) a través del manejo de información que va más allá del uso de las técnicas estadísticas tradicionales para generar información que permita la articulación de datos no relacionados, provenientes de distintas fuentes y de manera no estructurada para la solución de problemas complejos que surgen de un mundo interconectado.

El uso del Big Data facilita la incorporación de datos de distintas fuentes y disciplinas científicas de tal manera que estos puedan articularse para identificar las posibles soluciones a problemas multidimensionales. Para que estas herramientas sean útiles, es necesario que los especialistas en datos trabajen de manera conjunta con los expertos de dominio (Roco *et al.*, 2014: 18), que son aquellos que cuentan con el conocimiento específico necesario para realizar el análisis e interpretar los resultados, para derivar conclusiones que resulten en la comprensión de los fenómenos observados.

Debido a la importancia que se le ha dado al Big Data como parte de la convergencia de conocimientos, resulta fundamental cuestio-

narse acerca de sus fuentes y beneficios potenciales, haciendo énfasis en la articulación entre actores provenientes de diferentes entornos y disciplinas, para generar y utilizar los grandes cúmulos de datos. Por lo tanto el objetivo del texto es plantear una reflexión sobre los tipos y beneficios que presentan los datos, con el fin de mostrar cómo estos pueden ser usados para responder a problemas complejos, siempre y cuando se articulen con conocimiento proveniente de distintas disciplinas científicas y tecnológicas.

El primer paso para entender el Big Data es exponer las fuentes de donde provienen los datos para identificar sus orígenes y posibles aplicaciones. Estos se originan de la incorporación de las TIC en todas las actividades de la sociedad, por medio de la digitalización de las relaciones sociales y de producción; a continuación se presentan los orígenes de la información que da origen al Big Data.

Los orígenes de los datos

Desde hace algunos años, se ha presentado una creciente adopción de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en todos los aspectos de la sociedad. Algunos de los ejemplos más importantes son la popularización de los teléfonos inteligentes y la mayor distribución geográfica del Internet de banda ancha que despliega crecientes tasas de transferencia a un menor costo. De acuerdo a las previsiones de la UIT, el año 2016 cerrará con 7,377 millones de suscripciones de telefonía móvil, de los cuales 3,654 millones tendrán acceso a internet móvil (UIT, 2016). Estos datos muestran que los usuarios se encuentran cada vez más conectados y en todo lugar, generando y recibiendo grandes cantidades de información que se mueve a través de la red.

Pero no solo las personas se encuentran conectadas a la red, cada vez en mayor medida, los objetos cuentan con sensores y actuadores que se comunican entre ellos de manera independiente a las personas, generando datos de manera continuada. Esto es especialmente patente

en la movilidad urbana por medio de vehículos, donde los automóviles, el transporte público y la infraestructura se encuentran conectados y comunicados a través de las redes de internet móvil, con el fin de generar información para la toma de decisiones en prevención de accidentes, reducción de tráfico, control de polución y mayor eficiencia en el transporte. Pero no es el único aspecto donde las TIC se incorporan para el intercambiar información, otros como el uso eficiente de la energía, la domótica, el cuidado de la salud, agricultura y la seguridad también hacen uso de estas herramientas.

Por otro lado, el sector productivo es uno de los que más se ha beneficiado de la incorporación de las TIC, ya que se han incorporado de manera transversal en el proceso productivo, desde el diseño, administración, producción, distribución y seguimiento de las mercancías, de tal manera que las empresas cuentan con una gran cantidad de información y datos de sus actividades en todo momento. En consecuencia, se han transformado los flujos económicos y los modelos de negocios, reduciendo los costos y estableciendo nuevos mercados derivados de la integración de las TIC en los productos, creando bienes y servicios digitales, que difuminan la frontera entre *hardware* y *software*.

La incorporación de las TIC ha generado un efecto positivo no solo en los aspectos relacionados con el aumento de la automatización, que se refleja en términos de la productividad, eficiencia, cuota de mercado y rentabilidad; sino en aquellos vinculados indirectamente al uso de la tecnología, que se refieren a los cambios organizacionales, así como a los procesos y usos de la información y comunicación, y el desarrollo de nuevas modalidades de acceso al conocimiento (Cepal, 2013: 36; Santinha y Soares, 2004: 7). La relevancia para la economía, se refleja en la fuerte asociación que se presenta entre las capacidades tecnológicas de los países con el ingreso per cápita de los mismos, de acuerdo a los datos de la Cepal (2016).

La incorporación de las TIC en las empresas ha llevado a la formulación de un nuevo proceso de producción basado en la informática y en la capacidad de generar, transmitir y recibir grandes cantidades de

datos (Evans y Annunziata, 2012: 9) a través de la interacción entre dispositivos ciberfísicos conectados por medio de sistemas inteligentes que permitan la toma de decisiones en tiempo real para aumentar la productividad y generar innovaciones a través de la combinación del Open Data, el Big Data, el Internet de las cosas y el computo en la Nube, para formar lo que ahora se ha llamado el Internet Industrial.

Un tercer actor que ha incorporado las TIC a sus actividades es la administración pública en sus diferentes dimensiones (nacional, estatal y municipal) para, por un lado, hacer más eficiente la gestión pública, y por el otro, como canal de comunicación e interacción con los actores económicos y sociales, impulsando la transparencia y rendición de cuentas en el uso de los recursos. Los gobiernos son grandes generadores de datos que se derivan de sus actividades diarias, los cuales no están a disposición del público en general. En los últimos años ha surgido la iniciativa de publicar los datos con que cuenta, siempre y cuando estos no impliquen información personal que se encuentre protegida por la legislación correspondiente, de tal manera que los diferentes actores puedan consultarlos de una manera rápida y sencilla. A esta iniciativa se le ha dado el nombre de *datos abiertos*.

Las iniciativas de datos abiertos surgen con el fin de presentar de manera accesible la información respecto a sus actividades y todos aquellos datos con que cuenten, ya que son derivados de las acciones realizadas con recursos públicos. Los datos abiertos se definen como “la puesta a disposición de la sociedad de manera libre gran cantidad de datos procedentes de diferentes organizaciones, fundamentalmente del ámbito de la Administración Pública o de aquellos proyectos que han sido financiados con dinero público o creados por una institución pública” (Concha y Naser, 2008: 8).

Para el sector público, los datos abiertos son una fuente de innovación ya que, a través de su análisis, se pueden identificar las necesidades de la población, los gastos excesivos, la necesidad de nuevos servicios públicos, la modificación de los existentes y la eficiencia y eficacia de los programas. Por otra parte, la sociedad se beneficia de la informa-

ción no solo a través de la transparencia, también de la generación de conocimiento para la detección de oportunidades de negocio a través de la generación de nuevos productos y el mayor acceso a información para la toma de decisiones en tiempo real (Batagan, 2014: 83).

El Big Data y la convergencia

La incorporación de las TIC en la sociedad, la economía y el sector público, ha evolucionado de manera conjunta con un aumento de la potencia de procesamiento, transmisión y almacenamiento de la información, así como la disminución de los costos de los dispositivos inalámbricos, los sensores y actuadores, lo que ha dado como resultado un crecimiento exponencial de información que circula a través de internet. Esta es una nueva fuente de creación de valor, pero para que sea utilizable, es necesario contar con las herramientas necesarias para su explotación.

La creación de valor a partir de la información generada por los distintos actores sociales y económicos no puede ser usada como se presenta, ya que esta se encuentra de manera no estructurada y no vinculada, ya que el Big Data hace uso de bases que fueron creados para otros fines, por lo que el concepto de *reuso* es central. Por ello se presenta el ciclo de generación de valor en la siguiente figura, donde se destaca una etapa de preproducción, que agrupa los primeros cuatro pasos, los cuales se realizan antes de cualquier análisis de los datos. En segundo lugar se encuentra la fase de la explotación de la información, compuesta por los siguientes cuatro pasos, de la información, donde se crea nuevo conocimiento susceptible de ser aprovechado y por último, una fase de mantenimiento de los datos.

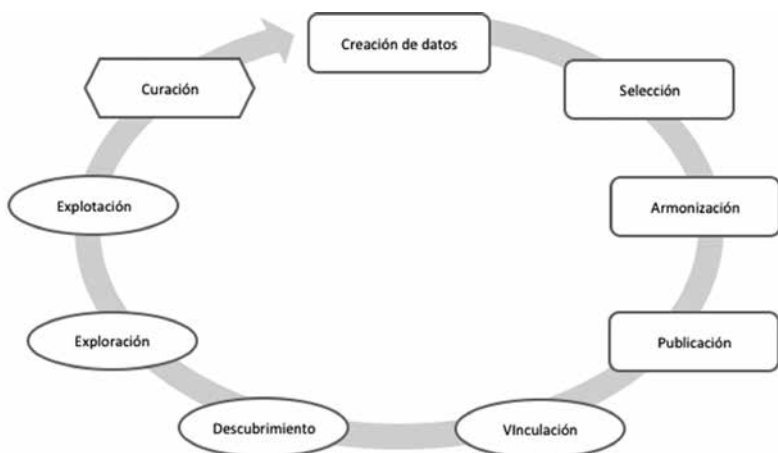


Figura 1. Ciclo de la generación de valor de los datos

Fuente: Attard *et al.*, 2015: 403

A diferencia de las técnicas estadísticas utilizadas anteriormente, el Big Data permite la vinculación de bases de datos de diferentes fuentes y formatos, de tal manera que se pueden identificar tendencias, que no es posible detectar con otras herramientas, para generar nuevos productos, abrir nuevos mercados, crear nuevos o distintos servicios públicos, mejorar la eficiencia de la producción y los tiempos de respuesta a los cambios y shocks externos e internos. Así como las fuentes de información son muy variadas, el uso que se les puede dar también lo es. Para la sociedad, el Big Data puede dar lugar a la generación de información dirigida a un público específico en tiempo real, por ejemplo, los niveles de tráfico, la polución en tiempo real, los tiempos de desplazamiento, la transparencia del gasto público y el seguimiento de los programas públicos, educación y todo aquello enfocado en la generación de las llamadas Smart City.

Para las empresas, el Big Data presenta múltiples beneficios potenciales, en particular a través de los sistemas ciberfísicos que se intercomunican entre sí y con las personas en tiempo real. Esto modifica

las cadenas de valor, rebasando el concepto de eficiencia ligado a una maquina o línea de producción y ligándolo a la eficiencia del proceso en su conjunto, lo que requiere de la integración de distintos agentes y sub-procesos para el intercambio de información y la toma de decisiones; como resultado, las empresas serán capaces de disminuir los periodos de llegada al mercado de los bienes y servicios, los cuales serán más complejos, flexibles y adaptables a los diferentes mercados, por medio de una producción en masa personalizada (Cepal, 2016: 36).

Para los gobiernos, el uso del Big Data presenta beneficios muy importantes, ya que por un lado permite evaluar la eficacia y eficiencia del gasto público derivado de los diferentes programas, aumenta la transparencia, facilita la prestación de los servicios públicos (salud, seguridad pública, alumbrado público) y aumenta los ingresos fiscales a partir de un adecuado análisis de los impuestos.

Conclusión

A lo largo del texto se presentan argumentos para mostrar que el Big Data es una pieza fundamental en los sistemas de interacción ciberfísicos, así como en el análisis de bases de datos no relacionadas ni estructuradas. Es una herramienta que facilita el análisis y la toma de decisiones en tiempo real, la evaluación y el seguimiento de las actividades, distribuye información personalizada y genera mejores condiciones a los habitantes de las regiones.

Pero para que el Big Data desarrolle todo su potencial, es necesario que se cuente con los especialistas en análisis de datos y que estos trabajen de manera conjunta con los expertos de dominio, para vincular los conocimientos de distintas disciplinas científicas, con el fin de hacer frente a los problemas multidimensionales en un mundo interconectado, que requieren de un enfoque multidisciplinario para su solución.

Bibliografía

- Attard, J., Orlandi, F., Scerri, S. y Auer, S. (2015). A systematic review of open government data initiatives. *Government Information Quarterly*, 32, p. 399-418.
- Batagan, L. (2014). The role of open government data in urban areas development. *Informatica Económica*, 2, pp. 80-87.
- ITU (International Telecommunication Union) (2016). *ITI Key 2005-2016*. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx. Consultado el 14 de noviembre de 2016.
- Cepal (Comisión Económica para América Latina) (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. Santiago: Cepal.
- . (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en la Economía digital*. Santiago: Cepal.
- Evans, P. y Annunziata, M. (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2015.
- Gastón, C., y Naser, A. (2012). *Datos abiertos. Un nuevo desafío para los gobiernos de la región*. CEPAL–ILPES. biblioteca.cepal.org/search~S0?/.b1206813/.b1206813/1,1,1,B/l856-b1206813&-FF=&1,0,,1,0. Consultado el 12 de octubre de 2016.
- Roco, M., Bainbridge, W., Tonn, B. y Whitesides, G. (2014). *Convergence of Knowledge, Technology and Society. Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies*, Springer. Estados Unidos: National Science Foundation
- Santinha, G. y Soares, A. (2004). SMEs and ICTs adoption: a new challenge to regional policies. Working paper. University of Aveiro, Department of Environmental Studies and Planning.

BIG DATA: MUCHOS DATOS, MUCHAS POSIBILIDADES DE USO¹

Rubén Oliver

Qué es Big Data

El paradigma tecnoeconómico predominante (Pérez, 2005) se sustenta en un conjunto de tecnologías que convergen en las tecnologías de información y comunicación (*hardware*, *software*, redes, Internet, computadoras, dispositivos móviles) con aplicaciones diversas, tendientes a la interactividad (la evolución de Internet en sus versiones 1, 2, 3, 4; el desarrollo de plataformas y aplicaciones que llevan a evolucionar al *software* como servicio; los sistemas informáticos para gestión de operaciones de negocio; las aplicaciones de realidad aumentada; las redes sociales) y aún con un potencial de uso vasto, dada su capacidad de aplicación transversal en prácticamente todas las actividades productivas y sus respectivos mercados, mediante diferentes esquemas de interconexión que diversifican las fuentes generadoras de comunicaciones y sus interlocuciones: entre negocios (B2B), empresas y consumidores (B2C), consumidores y empresas (C2C) y entre consumidores (C2C) y aún entre componentes tecnológicos que tienden a transformar los procesos industriales (M2M).

¹ Una versión previa de este trabajo se publicó en *Newsletter*, xxv Aniversario: La convergencia de tecnología y el Big Data, año 17, vol. 59, Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, A.C.

En esta complejidad, Big Data juega un papel relevante: si en estadios de desarrollo tecnológico previos la inferencia estadística y los programas convencionales de *software* para tratamiento de datos han sido el medio para determinar tendencias, escenarios y realizar pronósticos, Big Data configura una plataforma para el tratamiento de datos adecuada a la nueva realidad de la hiperconectividad; es una forma de gestionar datos, procesarlos y transformarlos en información de valor para la obtención de resultados predictivos y toma de decisiones (Barranco, 2012). Su particularidad radica en el volumen de datos que procesa (tera, peta o exabytes) y la velocidad con que ello ocurre, que puede traducirse en la obtención de información en tiempo real. Imaginemos: IBM (s/f) indica que al día en el mundo se envían alrededor de 294 billones de correos electrónicos y se realiza un billón de búsquedas a través de Google. Statista (2016) reporta que en 2015 el volumen global de datos generados mensualmente por tráfico en la web y envío de correos electrónicos, sin contabilizar archivos compartidos, fue de 7,558 petabytes y estima que para 2019 llegaría a 14,060.

Es, decíamos, consecuencia de la convergencia tecnológica y la transversalidad de las tecnologías de la información, respaldado por el bajo costo que la conectividad tiende a significar, como resultado del efecto de economías de red (es decir, la reducción del costo de interconexión en la medida que más usuarios hacen uso de la medios y dispositivos conectados) y que incentivan la explotación de datos brutos, desvalorizados, pero con enorme potencial de explotación económica y social. Tómese en consideración, por ejemplo, que para 2015 se proyectaban 3.2 billones de usuarios de internet (ITU, 2015). Para 2020, se estima que en el mundo haya 50 mil millones de dispositivos interconectados.

En este contexto, cuál es el papel de Big Data

Los individuos en interacción con su entorno mediante el uso de dispositivos inteligentes (como los *smartphones*, que se estima lleguen a ser 6.1 billones para 2020 alrededor del mundo [Marr, 2015]) para socializar, consumir, enterarse, opinar, distraerse, administrar, procesar, decidir, generan un cúmulo de comunicaciones y datos no procesados a partir de los cuales es posible identificar patrones explotables bajo la condición de inteligir qué se busca de ellos. La aplicación abarca un amplísimo rango de funciones factibles de rentabilizar por ejemplo mediante la personalización de estrategias de mercadotecnia; la identificación de tendencias de consumo; el diseño de sistemas de servicios individualizados (en turismo, como un caso); a partir del perfil genético e historial clínico para anticipar situaciones críticas de salud; para la identificación de preferencias y comportamiento político; variaciones de precios, stocks y existencias de bienes; medición de flujos vehiculares, e individuos, para favorecer la movilidad urbana.

Pero también Internet de las cosas, que supone el desarrollo de protocolos de comunicación máquina-máquina (M2M), ofrece funciones de cómputo que hacen posible predecir resultados y comportamientos. El flujo de informaciones que derivan de dispositivos industriales inteligentes encuentra una amplia aplicación, por ejemplo, mediante la conexión de electrodomésticos, o en el ámbito de la gestión urbana mediante la conectividad de ciudades tendientes al paradigma de ser *inteligentes*. Los procesos productivos pueden verse beneficiados en ámbitos como mantenimiento preventivo, predictivo, control de calidad, vida y uso de maquinaria e insumos; cadenas de suministro, logística; emisiones contaminantes.

En el ámbito gubernamental, Big Data puede encontrar aplicaciones en temas como salud pública (por ejemplo, mediante la predicción y formulación de escenarios frente a eventos epidémicos), o diseño de política económica (predicción de crecimiento económico y variaciones de precios líderes de la economía). La posibilidad de fun-

cionamiento de los mercados internacionales de divisas, *commodities*, de valores a futuro, en tiempo real abarcan el espectro de uso.

Qué se está haciendo en Big Data: el mundo y México

Como tema de convergencia tecnológica presupone conectividad e integración de negocios en torno a las TI, así como el desarrollo de competencias y recursos acordes a las condiciones tecnológicas y de mercado derivadas. Es un negocio en el que grandes empresas globales tienen la mirada puesta y que dan pauta al establecimiento de mecanismos de innovación abierta para atender una demanda creciente. Por ejemplo, tres casos: entre 2010 y 2014 IBM invirtió unos 30 billones de dólares en torno a un ecosistema digital, para la prestación de servicios digitales que caben en la categoría de *software as a service*, en el cuál Big Data juega un papel relevante (IBM, 2015). Por su cuenta, empresas como Intel y Cisco utilizan su arquitectura para el desarrollo de centros de datos en alianza con proveedores de *software* (Intel con SAS, SAP y Cloudera [Intel, 2016], y Cisco con los mismos tres, además de Hortonworks, MapR y Splunk). Inversiones (desarrollo y robustecimiento de competencias) y alianzas guían la estrategia de las empresas hacia la incursión en el negocio que representa. De acuerdo con las cifras, la apuesta de las empresas es a que Big Data estará cimentando las condiciones de desarrollo tecnológico y competencia económica, en la medida que a través de ella se genere información valiosa para la toma de decisiones de negocios y gobiernos. Su explotación se traducirá en competitividad con los consecuentes beneficios económicos asociados. Pensemos, por ejemplo, que el valor de mercado de Internet de las cosas pasará de 1.9 a 7.1 trillones de dólares entre 2013 y 2020 (Pres, 2014).

Para el caso de México, el uso de Big Data muestra contrastes significativos: por una parte IDC proyectó para el bienio 2015-2017 un crecimiento de 53 % de inversión (Martínez, 2015). Tómese en consi-

deración que, de acuerdo con datos Amipci (Asociación Mexicana de Internet) e Infotec, al año 2016 en México hubieron 65 millones de internautas, poco más de la mitad de la población y que, de acuerdo con su encuesta sobre uso de Internet, en promedio cada encuestado está conectado a cinco redes sociales; las más relevantes, Facebook, 92 % de los encuestados inscritos; WhatsApp, 79 %; YouTube, 66 %; Twitter, 55 %; y Google+, 52 %), quienes pensarán cómo rentabilizar la cantidad de datos que generan sus usuarios.

En el ámbito industrial no puede pasarse por alto la relevancia que puede tener el impulso de iniciativas en torno a ciudades inteligentes, en las que la conectividad es indispensable; la interconexión de dispositivos móviles a enseres domésticos; en el contexto industrial, en la producción automotriz, de tecnologías de la información, y aeroespacial; en los servicios, los turísticos y financieros sólo por mencionar algunas posibilidades.

Por otra parte —y ese es el contraste— para el caso de México, Big Data representa un reto significativo, si se parte del hecho de que, según una nota publicada por Carlos Morales el 14 de noviembre de 2014 en *Forbes México*, el “63 % de los negocios en México no tienen idea de cómo aprovecharlo para crecer, según un estudio realizado por Dell”. La nota rescata, asimismo, el hecho de que la proporción de respondientes mexicanos en relación con entender de qué se trata y tener iniciativas para su desarrollo es la menor (26 %) con respecto a los respondientes de otras regiones (28 % Latinoamérica, 39 % Norteamérica y 49 % la región Asia Pacífico). El potencial de uso y mercado son amplios y a considerar, si es que el país pretende jugar las reglas de competencia del futuro próximo. La relevancia de que forme parte de la agenda de investigación radica en que de ella deriven estrategias y políticas para su promoción. Parte del quehacer de la agenda académica consistirá entonces en mostrar los beneficios asociados al uso del Big Data.

Bibliografía

- Barranco, R. (2012). ¿Qué es Big Data?. IBM Developers Works. www.ibm.com/developerworks/ssa/local/im/queesbigdata/. Consultado el 25 de agosto de 2016.
- IBM (International Business Machines) (2015). *2015 IBM Annual Report*. www.ibm.com/annualreport/2015/assets/img/2016/02/IBM-Annual-Report-2015.pdf. Consultado el 28 de agosto de 2016.
- IBM Big Data & Analytics Hub (s/f). *Quick Facts and Stats on Big Data*. www.ibmbigdatahub.com/gallery/quick-facts-and-stats-big-data. Consultado el 29 de agosto de 2016.
- Intel (2016). *Big Data Analytics. From insight to innovation*. www.intel.com/content/www/us/en/big-data/big-data-analytics-turning-big-data-into-intelligence.html. Consultado el 9 de octubre de 2016.
- ITU (International Telecommunications Union) (2015). *ICT Facts & Figures*. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICT-FactsFigures2015.pdf. Consultado el 29 de agosto de 2016.
- Marr, B. (2015). Big Data: 20 Mind-Boggling Facts Everyone Must Read. *Forbes*, 30 de septiembre. www.forbes.com/sites/bernard-marr/2015/09/30/big-data-20-mind-boggling-facts-everyone-must-read/#7fb5ea766c1d. Consultado el 29 de agosto de 2016.
- Martínez, F. (2015). Big Data: La nueva revolución de los negocios. *Forbes*, 7 de octubre. www.forbes.com.mx/big-data-la-nueva-revolucion-de-los-negocios/. Consultado el 28 de agosto de 2016.
- Morales, C. (2014). Empresas mexicanas perdidas en Big Data. *Forbes*, 14 de noviembre, www.forbes.com.mx/empresas-mexicanas-perdidas-en-big-data/#gs.4iYL1FQ. Consultado el 10 de noviembre de 2016.
- Pérez, C. (2005). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI Editores.

- Pres, G. (2014). Internet of Things By The Numbers: Market Estimates And Forecasts. *Forbes*, 22 de agosto, www.forbes.com/sites/gilpress/2014/08/22/internet-of-things-by-the-numbers-market-estimates-and-forecasts/#d09e7fc2dc99. Consultado el 29 de agosto de 2016.
- Statista (2016). *Global consumer web and e-mail data traffic 2015-2020*. www.statista.com/statistics/267181/forecast-of-consumer-internet-traffic-through-e-mail-and-web-usage/. Consultado el 28 de agosto de 2016.

BIG DATA: USO DE LA VISUALIZACIÓN Y LA MINERÍA DE DATOS

Antonio Sánchez
Texas Christian University

Entender es ser capaz de percibir patrones.

ISAIAH BERLIN (1909-1997)

La obtención de un gran volumen de datos es un hecho común el día de hoy, sin embargo, se considera que no contamos con sistemas computacionales que realmente puedan analizar tales cantidades; de ahí la necesidad de tener técnicas innovadoras para el procesamiento y análisis de este gran volumen de datos. Específicamente, existen dos caminos a seguir: por un lado, la visualización gráfica de los datos y, por el otro, la minería de datos usando técnicas de aprendizaje automatizado. En el presente artículo se describen los aspectos más relevantes de estas técnicas; conviene mencionar que lo que se obtiene al usarlas es una selección y estimación de patrones de clasificación; esto es lo que llamamos *obtención de datos inteligentes*. Para determinar el nivel de inteligencia del procesamiento de volumen de datos se plantean dos métricas básicas: la factibilidad de efectuar el proceso y la calidad de los patrones obtenidos.

Introducción

Hoy en día, la industria depende fundamentalmente de la obtención de datos a través de sistemas digitales. Adicionalmente, existe un proceso tradicional de digitalización de información que incluye datos administrativos los cuales son procesados usando sistemas de bases de datos con búsquedas estructuradas basadas en atributos predefinidos. Igualmente, se estima que la cantidad de datos almacenados se duplica cada dos años; sin embargo, de acuerdo al IDC (Gantz, 2012) de este gran volumen de datos disponibles, se considera que actualmente tan solo 3 % son útiles. Más aún, el porcentaje de datos realmente analizados no rebasa 0.5 %. Para explicar este número tan pequeño de datos analizados, solo tenemos que pensar en el proceso y almacenamiento de los videos tomados en plantas industriales. Estos videos, en su mayoría, quedan relegados a un proceso muy limitado de análisis *a posteriori* y solo en casos excepcionales.

Por lo mismo, podemos mencionar que existe una notable oportunidad de mejorar dicho porcentaje usando técnicas de *software* innovadoras que permitan analizar los datos industriales; dicho análisis es conocido en el medio como el procesamiento de Big Data. El objetivo fundamental de este nuevo enfoque es obtener criterios que ayuden a la industria en su diaria toma de decisión. Resulta importante mencionar que este enfoque está basado en el conocimiento y no tanto en la información; esto es, se busca tener una calidad en la selección aunque no forzosamente una veracidad completa; o sea que la visualización y la minería aquí descritas buscan encontrar patrones inteligentes de calidad, tal como lo sugiere la cita inicial del politólogo inglés I. Berlin. Para iniciar la explicación de estas técnicas concentrémonos en las siguientes dos preguntas:

¿Es posible representar en forma cómoda tal magnitud de datos?

¿Es posible deducir de esta gran cantidad de datos patrones de clasificación con buena calidad?

La primera pregunta se puede contestar usando técnicas de representación gráfica que permiten proveer al tomador de decisiones de una representación macro de las diferentes variables en un proceso visual e interactivo; este enfoque es denominado *visualización de datos*.

La segunda pregunta es contestada usando técnicas de minería de datos, que buscan obtener patrones de clasificación de alta calidad. Nótese que, como su nombre lo indica la minería de datos busca encontrar pequeños *elementos claves* dentro de un mundo de información. Adicionalmente, aunque los patrones obtenidos no sean absolutamente verdaderos o causales, ya que simplemente representan correlaciones generales, suelen tener una alta calidad en su uso diario y con gran aplicación en la industria

Visualización interactiva de datos

La visualización de datos actual parte del siguiente supuesto, el tomador de decisiones requiere de una herramienta interactiva que le permita modificar los valores de la variables independientes y estas reflejen el comportamiento total de las variables dependientes. Partiendo de la base que se cuenta con un espacio dimensional limitado, resulta necesario graficar en forma cómoda más de dos variables para lo cual se usan estrategias de correlación y gráficas interactivas que desplieguen únicamente las variables dependientes; permitiendo al usuario modificar interactivamente las variables independientes. Es claro que el despliegue de la información debe ser visual, permitiendo así el concentrarse en los resultados importantes. Como ejemplo, la figura 1 muestra cómo usando colores se reporta el número de matrimonios en el estado de Texas en función de los distintos municipios y tomando como variables independientes adicionales el año y el mes, esta visualización muestra el trabajo de uno de nuestros estudiantes (Wood, 2014); partiendo de una serie de tablas con texto y datos estadísticos por año, mes y municipio se puede generar un visualización de datos

llamativa; utiliza como variables independientes al mes y al año y despliega en color al número de matrimonios en cada municipio.

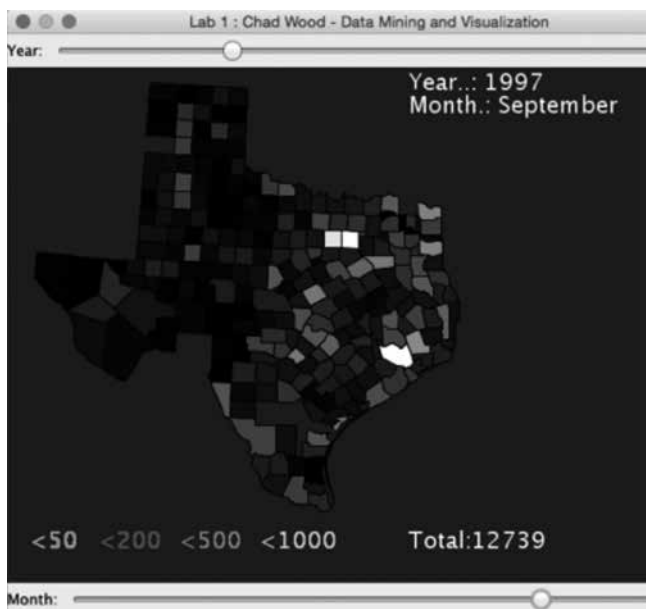


Figura 1. Visualización con tres variable independientes (Wood, 2014).

La Figura 2 muestra el resultado de una interacción dinámica con el usuario de tal manera que al modificar las variables mes y año, el mapa cambia de color en cada municipio; reflejando los cambios en la variable dependiente. El propósito de la visualización interactiva es provocar el interés del usuario, lo cual se logra a través de la modificación de los valores de las variables independientes desplegando el resultado en las variables dependientes correspondientes. Esta visualización es superior a la de una simple tabla tridimensional que haría más difícil su entendimiento. En las referencias se encuentran dos citas importantes sobre visualización; Ben Fry (2007) ha desarrollado un lenguaje

muy popular llamado *processing* que permite hacer uso del lenguaje *java* para llevar a cabo visualizaciones llamativas, aquí se propone la siguiente metodología:

1. Filtrado y análisis de los datos de entrada. A partir de archivo de datos, se seleccionan y filtran los atributos a desplegar.
2. Minería de datos. En caso necesario se aplica algún computo matemático, como los descritos en la siguiente sección.
3. Representación de variables dependientes. Se escoge la gráfica a visualizar definiendo las variables dependientes a desplegar que mejor representen lo visualización deseada.
4. Selección de variables independientes. Se determinan las variables que definen el desempeño de las formulas a presentar para ser modificadas interactivamente.
5. Uso de la interactividad. Se definen el tipo de control visual (*i.e.* un botón, un campo de texto, una perilla) que permita modificar interactivamente a las variables independientes.

La visualización interactiva de datos es una herramienta que permite obtener patrones visuales de comportamiento que normalmente no son percibidos en un mero análisis de datos estadísticos. Como ejemplos finales del área invitamos al lector a revisar el trabajo sobre salud pública de Hans Rosling (2006) disponible en el internet; igualmente el importante trabajo desarrollado por Edward Tufte (2001).

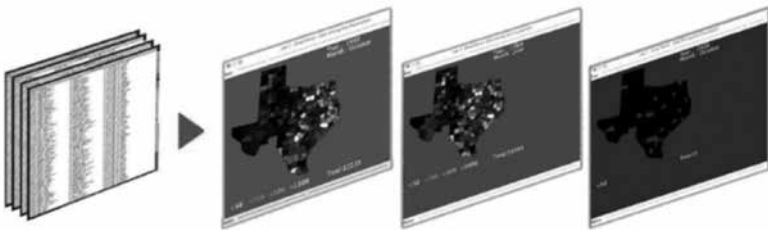


Figura 2. Resultado de la interacción con el usuario (Wood, 2014).

Minería de datos

La minería de datos actual está basada en la obtención de modelos matemáticos, producto del aprendizaje automático de datos históricos, denominado en inglés *Machine Learning*. Lo que se busca es obtener patrones de clasificación partiendo del análisis de los mejores atributos a partir de datos industriales, obteniendo grupos o clústeres similares. Nótese que estas correlaciones son obtenidas por procesos de cálculo computacional. La fórmula de correlación es usada en cada instancia de una variable con un cálculo matemático sencillo como el presentado por Hall, Witten y Frank (2011: 247). En esencia se mide la similitud de los datos a través de la distancia entre los valores de los diversos atributos. Para el cálculo de esta distancia, existen otros modelos de correlación como son el *Pearson* o el *Tanimoto* (Owen, 2012: 74). Para todas las variables e instancias involucradas resulta necesario normalizar todos los atributos evitando con esto que algún atributo influya más en la correlación producto del rango relativo de sus valores.

Conviene mencionar que contrario al uso de modelos matemáticos más complejos, el cómputo aquí descrito es relativamente fácil de efectuar, enfatizando que la riqueza del modelo se basa en contar con un número inmenso de datos. La idea detrás de este enfoque radica en el uso de un gran volumen de datos históricos, como lo menciona Pedro Domingos "...un algoritmo sencillo con muchos pero muchos datos, es superior a un algoritmo inteligente con un limitado número de datos..."(2012: 85). A manera de ejemplo, si se desea otorgar un préstamo bancario, existen diversos atributos que pueden ser indicadores de la factibilidad de que quién solicita el préstamo pueda cumplir puntualmente con sus pagos; atributos tales como su historia crediticia, su edad, su ingreso mensual y otros más. La Figura 3 muestra un ejemplo de ellos usando un *software* libre basado en lenguaje *java* llamado Weka (Hall *et al.*, 2009).

No.	Edad	Sexo	ZonaHab	Ingreso	Casado	NumHijos	Coche	CtaAhorros	CtaCheques	Hipoteca	Prestamo
1	48.0	FEM	POPULAR	17546.0	NO	1.0	NO	NO	NO	NO	SI
2	51.0	FEMENINO	POPULAR	16575.4	SI	0.0	SI	SI	SI	NO	NO
3	23.0	FEMENINO	CIUDAD	20375.4	SI	3.0	NO	NO	SI	NO	NO
4	57.0	FEMENINO	RURAL	50576.3	SI	0.0	NO	SI	NO	NO	NO
5	57.0	FEMENINO	CIUDAD	37869.6	SI	2.0	NO	SI	SI	NO	SI
6	37.0	FEMENINO	SUBURB...	25304.3	SI	2.0	SI	NO	NO	NO	NO
7	66.0	FEMENINO	CIUDAD	59803.9	SI	0.0	NO	SI	SI	NO	NO
8	52.0	FEMENINO	POPULAR	26658.8	NO	0.0	SI	SI	SI	SI	NO
9	44.0	FEMENINO	CIUDAD	15735.8	SI	1.0	NO	SI	SI	SI	SI

Figura 3. Archivo de datos históricos de préstamos en un banco usando Weka.

Usando un archivo histórico de préstamos con fórmulas similares a las mencionadas anteriormente, el sistema puede generar tres agrupaciones o clústeres de préstamos, los cuales podemos denominar como “factible (0)”, “no deseable (1)” o “problemático (2)”. Usando estos clústeres para el caso de un nuevo préstamo, se toman los atributos relevantes del mismo para determinar el clúster en donde queda clasificado. La Figura 4 muestra el resultado usando el algoritmo EM de Weka. De esta forma el ejecutivo bancario contará con herramienta automatizada que le ayudará a tomar la decisión final. Un aspecto importante en la minería de datos es la selección de los mejores atributos para la clasificación, esto es, aquellos que proporcionan una mejor calidad de discernimiento. Para este caso se utiliza la entropía; definida en siglo XIX por Clausius (Muller, 2016: 104) y Boltzman (Muller, 2016: 112) en sus estudios de termodinámica.

Hoy en día la entropía es usada en el cálculo del contenido de información por autores como C. Shannon (Gleick, 2011: 280) y W.R. Quinlan (Hall, Witten y Frank 2011: 104); en la minería de datos su formulación permite contar con una medida de orden y pureza dentro de un conjunto de datos. El cálculo de la entropía se basa en la suma de las probabilidades binarias en todas y cada una de las instancias del archivo de datos; dicho cómputo se efectúa antes y después de seleccionar a una atributo como criterio de clasificación, en caso de que la

entropía se reduzca entonces se considera al correspondiente atributo como importante en la clasificación.

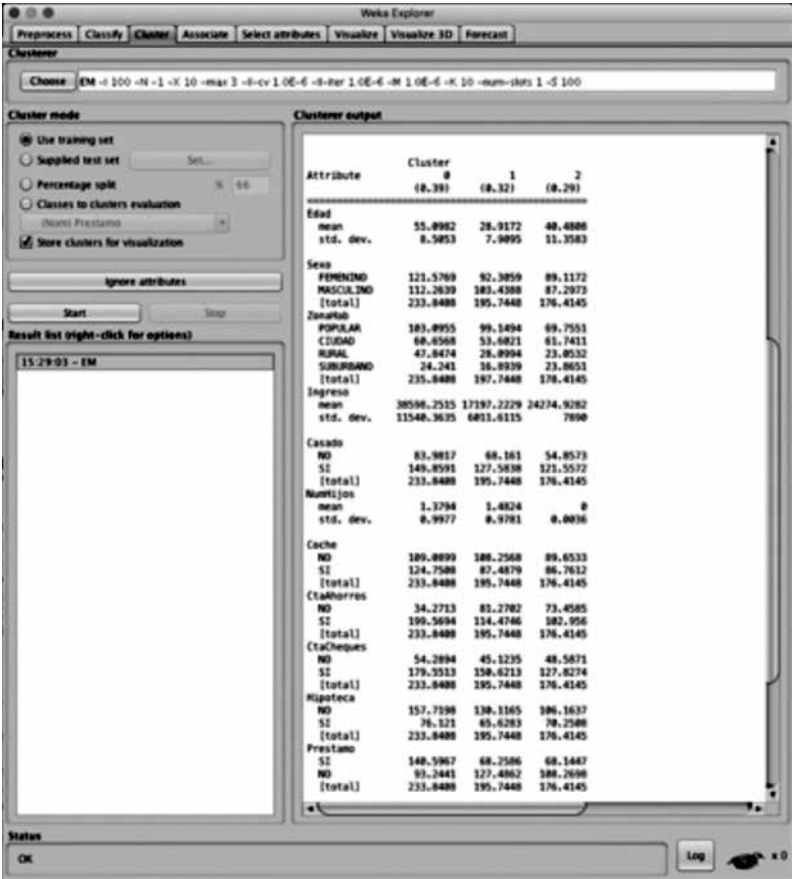


Figura 4. Agrupamientos o clústeres generados usando Weka.

Siguiendo con nuestro ejemplo, si se desea determinar los cinco atributos con mayor contenido de información para otorgar o no un préstamo, usando la entropía se obtienen los siguientes: número de hijos, ingreso, estado civil, edad y zona habitacional. Usando el paquete Weka en la figura 5 se muestran los resultados de dicho cálculo.

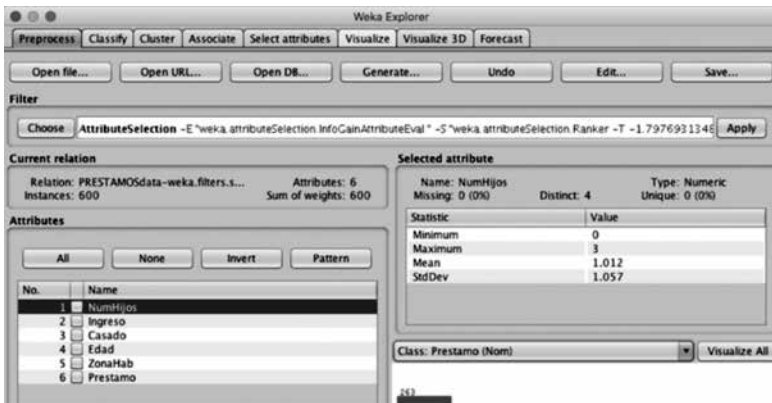


Figura 5. Uso de la entropía como criterio de ganancia de información a través de Weka.

Un punto fundamental en la minería de datos, radica en la determinación de la calidad de la selección, para lo anterior es necesario contar con una métrica de la veracidad de la clasificación. Lo anterior se logra por medio de un proceso repetitivo de validación cruzada con archivos históricos de datos, usando cuando menos 10 cruces. La validación del mejor agrupamiento se efectúa al comparar los resultados contra una clasificación aleatoria; obteniéndose así un estimado de su calidad a través del número Kappa, el cual es un valor entre 0.0 y 1.0 que indica que tan acertada es la clasificación. Así por ejemplo la obtención de valores Kappa entre 0.5 y 0.7, aunque sin reflejar una clasificación perfecta, pueden ser considerados de calidad razonable ya

que representan mejoras notables a las de una clasificación aleatoria. Toda vez que se tiene el modelo más acertado éste es usado para nuevas clasificaciones; se menciona aquí que realmente no se conoce la verdad absoluta, debido a que el modelo se construyó usando datos históricos. Otros criterios de validación los constituyen las llamadas *matrices de confusión*, de donde se pueden derivar otros criterios como la precisión, la recuperación, la sensibilidad y las gráficas ROC. La clasificación representa una aplicación de tipo *supervisado*, lo anterior porque se determina, en forma a priori o anticipada, cual es el atributo de clasificación; usando el ejemplo del préstamo bancario si éste se otorga o no. El agrupamiento en clústeres es de tipo *no supervisado*, ya que no se indica, en forma a priori, si se otorga o no el préstamo; más bien se crean grupos con características similares; en el ejemplo de préstamos, estos se denominaron como *factibles*, *no deseables* o *problemáticos*.

Una aplicación similar a la clasificación pero de tipo no supervisado es la denominada *asociación*, la cual utiliza la misma fórmula de correlación lineal solo que no se predetermina el atributo a clasificar, de tal manera que el sistema genera diversas asociaciones; la mayoría de ellas poco interesantes, sin embargo de entre todas las asociaciones obtenidas se puede encontrar alguna con cierta utilidad. A manera ejemplo, si un cliente entra a una tienda y compra leche y café existe una buena posibilidad de que también compre huevo, debido a ejemplos como el anterior, la asociación es conocida en los negocios como *canasta del mercado*.

Para determinar las asociaciones es necesario contar con un amplio archivo histórico, en el caso del ejemplo anterior la información se obtiene usando listas de compras; aquí resulta necesario estandarizar la información de los productos adquiridos por los clientes. La figura 6. Muestra el mecanismo de su operación.

Una cuarta aplicación de la minería la representan los *sistemas de recomendación* los cuales son usados para guiar y recomendar productos similares a un usuario, basándose en selecciones anteriores. Como ejemplo de estos sistemas podemos citar al recomendador de películas

integrado en Netflix (Netflix, 2016) o bien el recomendador de productos de Amazon (Amazon, 2016) ambos disponibles en Internet. Una última aplicación asociada con el cálculo de probabilidades son los *seleccionadores de parejas* basados en criterios de gustos similares, el ejemplo popular es el sitio llamado E Harmony (E Harmony, 2016).

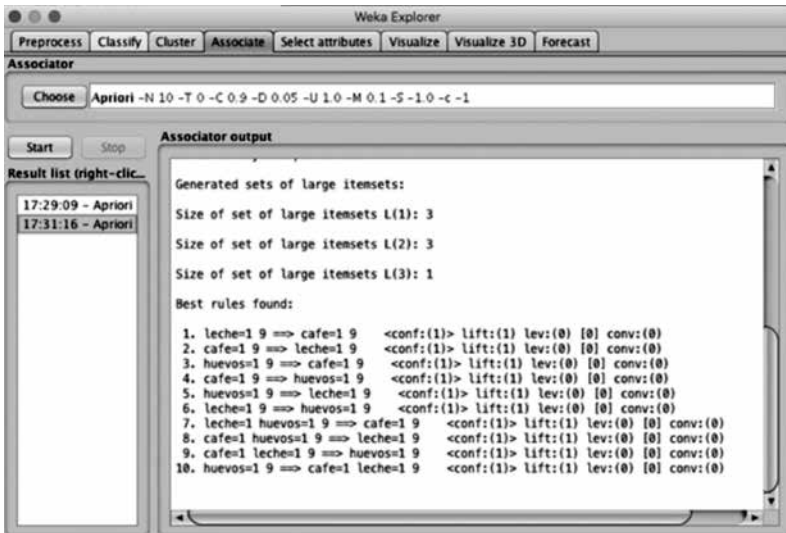


Figura 6. Obtención de reglas de asociación a través de Weka.

Los ejemplos anteriores denotan claramente la necesidad de contar con archivos de datos de gran tamaño con el fin de tener la calidad deseada; para hacer factible el cómputo de tal magnitud resulta necesario llevarlo a cabo en forma distribuida. Cuando el tamaño de los archivos alcanza valores cercanos a los *terabytes*, resulta necesario transformar los archivos de base de datos tradicionales en archivos secuenciales de texto y datos para ser procesados línea por línea. Para esto se cuenta

con algoritmos que aunque resulten ineficientes en su ejecución, permitan procesar este gran volumen de datos en forma distribuida de manera confiable; el proceso secuencial está basado en el lenguaje *java*, usando la librería denominada *hadoop* (White, 2011) basada en un algoritmo novedoso denominado *Map/Reduce*; éste opera en dos fases en lote o *batch*. El algoritmo puede ser descrito en los siguientes pasos:

- Construcción de un súper archivo de texto con todos los datos línea por línea
- Fraccionamiento del archivo en subarchivos
- *map*: Fase de Mapeo
- Proceso línea por línea de cada subarchivo colectando líneas similares
- Generación de un archivo de salida con el formato
- <Llave, lista de Valores>
- Escritura en Disco de los archivos obtenidos
- *reduce*: Fase de Reducción
- Usando los archivos anteriores se procesa línea por línea los datos similares, calculándose los valores para cada Llave
- Generación de un archivo de salida con el formato <Llave, Valor>
- Escritura a Disco de los archivos obtenidos
- Usando todos los archivos parciales se construye un súper archivo final

Conclusiones

Para concluir esta introducción a la visualización y minería de datos, conviene señalar que se parte de procesos sencillos de correlación lineal que tengan la factibilidad de ser instrumentados y que otorguen óptima calidad en su clasificación; también es importante recordar que los patrones obtenidos no son absolutamente verdaderos ni formalmente

causales, ya que solamente representan correlaciones generales; igualmente se menciona que debido al posible uso de información privada de usuarios, existen aspectos éticos de gran importancia que deben ser tomados en cuenta en toda aplicación de minería de datos. El presente trabajo es una versión en extenso de un artículo del autor publicado recientemente en el *Newsletter* de Lania (Sanchez, 2016), de igual manera el autor agradece a la doctor Cristina Loyo su valiosa ayuda en la preparación del presente artículo.

Bibliografía

- Amazon (2016). Recomendador de Productos. www.amazon.com. Consultado en octubre 2016.
- Domingos, P. (2012). A Few Useful Things to Know About Machine Learning In Communications of ACM. *Communications of ACM*, vol. 55-10, pp. 78-87.
- E Harmony (2016). Selección de parejas. www.eharmony.com. Consultado en octubre 2016.
- Fry, B. (2007). *Visualizing Data*. California: O'Reilly Media.
- Gantz, J. y Reinsel, D. (2012). The Untapped Big Data Gap. En IDC Digital
- Gleick, J. (2011). *The Information: A History, A Theory, A Flow*. Nueva York: Pantheon-Random House.
- Hall, M., Witten I. y Frank E. (2011). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 3a ed. Massachusetts: Morgan Kaufmann.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P. y Witten, I.H. (2009). The WEKA Data Mining Software: An Update. *SIGKDD Explorations*, 11 (issue 1). www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/index.html. Consultado en octubre de 2016.
- Karau, H., Konwinski, A., Wendell, P. y Zaharia, M. (2015). *Learning Spark*. California: O'Reilly Media.
- Muller, R. (2016). *Now: The Physics of Time*. Nueva York: W. W. Norton Company.
- Netflix (s/f). Recomendador de Películas. www.netflix.com. Consultado en octubre de 2016.
- Owen, S., Anil, R., Dunning, T. y Friedman, E. (2012). *Mahout in Action*. Nueva York: Manning Pub.
- Rosling, H. (2006). *The best stats you've ever seen*. Conferencia. www.ted.com/talks/hans_rosling_shows_the_best_stats_you_ve_ever_seen?language=en. Consultado en octubre de 2016.

- Sánchez, A. (2016). De una gran volumen de datos a datos inteligentes. *Newsletter*, año 17, vol. 61, Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, A.C., pp. 1-2.
- Tufte, E. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. 2a ed. Connecticut: Graphic Press.
- Universe Study (s/f). *The Untapped Big Data Gap*. www.emc.com/leadership/digital-universe/2012iview/big-data-2020.htm. Consultado en agosto de 2016.
- White, T. (2011). *Hadoop: The Definitive Guide*. 3a ed. California: O'Reilly Media.
- Wood, C. (2014). *Lab 1 Presentation en CoSc 40023 Data Mining and Visualization*. Fort Worth: TCU
- Zeiler, M. *et al.* (2016). Image and Video Recognition API. www.clarifai.com. Consultado en octubre de 2016.

LA CONVERGENCIA DIGITAL EN EL AUTOMÓVIL

Lourdes Álvarez Medina (FCA-UNAM)

Lourdes Marquina Sánchez (UACM-FCA-UNAM)

Introducción

La convergencia tecnológica entre los sectores de la microelectrónica, la informática y la telemática derivó en el desarrollo de una innovación radical denominada *Internet*; tecnología generadora de nuevos mercados y modelos de negocio que funcionan a través de las redes de transmisión y comunicación, desplegadas por el mundo entero. Internet ha transformado todos los sectores de la economía, modificando las formas de organización del trabajo productivo y de generación de valor en las industrias. La convergencia digital, materializada en el ciberespacio, ha dado paso a la formación de una sociedad mundial sustentada en el intercambio de datos, información y conocimiento digitalizados. Este intercambio permanente de datos disponibles para proporcionar información y generar conocimiento útil es lo que ha modificado las condiciones necesarias para la producción, distribución y apropiación del conocimiento (Foray y Lundvall, 1996).

En la sociedad de la información se incrementa la frecuencia e intensidad de las interacciones sociales mediadas por el uso intensivo de las tecnologías de información y comunicación (TIC) (Castells, 1999). La convergencia digital abre oportunidades para el desarrollo

de nuevos modelos de negocio, aún en industrias tan maduras como el sector automotriz.

El propósito de este artículo es por una parte, exponer que Internet es una innovación radical derivada de un proceso de convergencia entre los sectores de la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones y, por la otra, explicar que la convergencia digital con otras industrias genera nuevos procesos de convergencia y de innovación, como ocurre en el sector mencionado.

Convergencia tecnológica en el sector eléctrico-informático-telemático

La convergencia de conocimientos y de tecnologías se refiere a la interacción entre distintas disciplinas científicas y campos tecnológicos, capaces de interactuar entre sí para lograr un marco de referencia y de conocimiento común, desarrollando sinergias de conocimiento e innovación, a fin de crear valor (Roco *et. al.*, 2013) tanto privado como público.¹ La convergencia implica la puesta en común de un conjunto de conocimientos, disciplinas científicas y desarrollos tecnológicos que propician innovaciones capaces de solucionar problemas industriales y sociales.

Roco *et al.* (2013) sostienen que la convergencia ha ido ocurriendo por etapas y organizándose a partir de las interconexiones entre el conocimiento y las tecnologías.

¹ El valor privado está relacionado con la maximización de la ganancia que propicia la acumulación, mientras que el valor público considera los beneficios para la sociedad, es decir, para impulsar su bienestar mediante la atención a sus necesidades.

Etapas de la convergencia del conocimiento	Características
Primera etapa	Desarrollo de la nanotecnología a partir de la convergencia de diversas ciencias (biología, química, física, medicina) e ingenierías (tecnología de materiales, ingeniería eléctrica- electrónica) aplicadas al mundo material, basadas en el entendimiento de las estructuras atómicas y de escala nano.
Segunda etapa	Combinación de las tecnologías emergentes nano, biológicas, informáticas y cognitivas (NBIC), con base en los componentes elementales que éstas comparten como átomos, ADN y bits.
Tercera etapa	Expansión de las tecnologías emergentes antes mencionadas para introducirlas a plataformas dispuestas para el uso personal, social e, incluso, mundial. Reúne elementos de las actividades humanas y las máquinas con las sociedades.

Elaboración propia con base en Roco *et al.*, 2013.

A partir del cuadro anterior se puede ver que la convergencia es un proceso evolutivo y simbiótico que establece fuertes interrelaciones entre dos o más campos del conocimiento que antes de la convergencia se encontraban separados y funcionaban de manera independiente. En la sociedad del conocimiento se mezclan los saberes e inician procesos convergentes entre distintos campos del conocimiento científico y sus aplicaciones multisectoriales, lo que sienta las bases de nuevas trayectorias tecnológicas intersectoriales. La convergencia de conocimientos y tecnologías entre sectores industriales distintos, crea constelaciones de innovación impulsadas por la convergencia digital. Hay múltiples ejemplos de convergencia de conocimiento aplicada a sectores de la industria bien diferenciados. A finales de los años 60, compañías japonesas de telecomunicaciones, empresas productoras de vidrio y de la industria eléctrica, fusionaron sus tecnologías y conocimientos para desarrollar la fibra óptica, tecnología que permite también la transmisión de datos digitales.

En el caso propiamente del sector TIC, la convergencia tecnológica inició cuando el Departamento de Defensa de Estados Unidos, logró establecer un sistema de comunicación internacional para la defensa y seguridad de Estados Unidos. Con el proyecto ARPANET, desarrollado desde la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos logró tener una comunicación permanente con sus aliados (Marquina, 2012); desde entonces, su sistema de seguridad internacional reposa en el despliegue de una red de comunicación diseñada bajo un modelo de arquitectura distribuida con suficiente independencia entre sus nodos pero con capacidad de mantenerlos interconectados, a pesar de que se encuentran ubicados en varias ciudades estadounidenses y otras de países europeos aliados. El modelo de arquitectura distribuida de red aseguraba que, en caso de que uno de los nodos de la red fuera atacado por los nazis, la red de comunicación del proyecto ARPANET seguiría en funcionamiento.

La gran red de redes ARPANET fue creciendo con la incorporación de nuevos nodos, localizados posteriormente en países en desarrollo, para permitir la comunicación entre las comunidades científicas. ARPANET pudo crecer debido a la convergencia tecnológica que se logró desarrollando protocolos de comunicación entre los equipos, como es el protocolo TCP/IP, que permite la conexión a internet desde varios países, equipos y dispositivos electrónicos. Cabe resaltar que este proceso tecnológico convergente se desarrolló bajo el principio de universalidad e interoperabilidad entre equipos, redes y países. La interconexión entre las distintas redes desplegadas por el mundo es lo que integra la gran red de redes de Internet. En la década de los años 90, tras la caída del muro de Berlín, Estados Unidos anunció que ARPANET dejaba de ser un proyecto militar para convertirse en la autopista de la información, como la denominó el entonces vicepresidente de Estados Unidos, Al Gore.

Debido a la convergencia tecnológica que se logró a través de los protocolos de comunicación entre los dispositivos electrónicos, el software y las telecomunicaciones, es que en la actualidad, esta arquitectura de red distribuida es lo que permite que se puedan realizar muchas

operaciones de gestión, de producción e incluso, transacciones financieras internacionales, pues son actividades que se realizan mediante el intercambio permanente de datos e información digital. El flujo de los datos digitales y las transacciones electrónicas es lo que dio paso al surgimiento de la economía digital, es decir la nueva economía que se soporta en el ciberespacio, la cual es el resultado de una innovación tecnológica convergente en el sector de las TIC, gracias al desarrollo de protocolos de comunicación que permiten la interoperabilidad entre los equipos. La nueva economía se refiere a los procesos de generación, apropiación, intercambio y difusión de la información y del conocimiento, con un valor de mercado y funcionando desde el ciberespacio.

En la actualidad, la convergencia digital está avanzando hacia una fusión de Internet, con los sistemas urbano-productivos. Lo anterior lo observamos en el desarrollo de soluciones tecnológicas que basadas en las TIC, buscan tener una mayor eficiencia en la gestión de servicios públicos urbanos, como el sistema de transporte y movilidad. En las empresas, la digitalización de la producción está generando fuertes cambios en los modelos de negocio pues ahora es posible la personalización de los productos, en función de las necesidades de los clientes, por lo que los sistemas productivos son cada vez más flexibles. La convergencia digital podemos entenderla como un proceso científico-tecnológico que ha ido evolucionando con el tiempo, generando una relación simbiótica e inseparable entre los sectores de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones. Más recientemente, la convergencia digital con sectores industriales como el automotriz, da inicio a nuevas trayectorias tecnológicas en el sector manufacturero, con innovaciones fuertemente articuladas al sector informático-tele-mático. Esto significa otro momento en la evolución de Internet hacia lo que hoy se denomina como Internet de las Cosas.

El Internet de las Cosas se entiende como un sistema global interconectado en redes de computadoras, sensores, actores, y dispositivos que usan el protocolo de internet para conectar cualquier objeto físico, lo cual genera permanentemente datos e información que, organi-

zando aquélla que se encuentre dispersa, son de valor y utilidad para ciertos sectores específicos. A esta generación de grandes cantidades de datos propiciada por la digitalización, se le conoce con el nombre de Big Data (grandes datos) (Marquina y Nájera, 2015). La interconexión entre objetos y entre éstos con las personas y las organizaciones, están incrementando de manera exponencial el volumen de datos que circulan en el ciberespacio, por lo que la seguridad y el crecimiento económico a partir de la generación y gestión de grandes volúmenes de datos, se están convirtiendo en temas relevantes para empresas, gobiernos y ciudadanos.

La convergencia digital y su relación con el sector automotriz

La convergencia digital posibilita que desde un mismo dispositivo se puedan realizar al mismo tiempo, distintas operaciones relacionadas con el procesamiento de texto, voz y video. La digitalización es una innovación tan radical como lo fue en su momento el tendido de las redes eléctricas y de telefonía. La convergencia digital está constituida por las redes interactivas multimedia que prestan servicios altamente diferenciados y personalizados. Esta convergencia posibilita la creación de nuevos negocios, capaces de generar innovaciones de alto valor en sectores diferenciados, pero que se han mezclado para satisfacer las demandas del mercado. Esto propicia la creación de otro tipo de empleos.

La información digitalizada y el conocimiento que de ella deriva, se ha convertido en el factor clave de la producción (Freeman, 1990) además de los factores tradicionales como son la tierra, el capital y la fuerza de trabajo. El uso intensivo de los datos que se generan y que se transportan permanentemente en las redes es la base para comprender el funcionamiento del capitalismo informático (Dabat, Rivera y Wilkie, 2004) y la economía del conocimiento.

La digitalización de los procesos administrativos y productivos afecta las economías, los sectores industriales, así como los modelos

de negocios. Al introducir las tecnologías TIC a las organizaciones, se generan, almacenan y distribuyen grandes cantidades de datos estructurados que tienen un mayor valor por byte que aquéllos que no están estructurados.

La industria automotriz es una industria madura que presenta problemas como son: mercados saturados en los países desarrollados, exceso de capacidad instalada, altos grados de segmentación y proliferación de productos, cerrada competencia en precios y márgenes de utilidad decrecientes en los estratos de autos económicos (Álvarez, 2011). Sin embargo, las nuevas tecnologías de la información han impactado la industria modificando la forma en que se produce, las características del producto y dándole nuevo aliento. La convergencia digital en la industria automotriz genera grandes cantidades de datos estructurados que las empresas aprovechan durante sus procesos administrativos y productivos, pues a partir de su análisis toman mejores decisiones de inversión y de organización para tener un mejor desempeño.

En la industria automotriz las megatendencias se observan especialmente sobre el proceso productivo y el producto final. Respecto al proceso productivo, la introducción del internet industrial modificó las prácticas en el diseño, la manufactura y los servicios, resultando nuevos vehículos con servicios de seguridad y conectividad, además de ciertas características que les permiten emitir menos contaminantes a los ecosistemas, a lo largo de su ciclo de vida.

La incorporación de TIC en el diseño de vehículos ha logrado disminuir los costos y el tiempo, dando una respuesta más rápida a los gustos y necesidades de los clientes, así como para dar cumplimiento a las regulaciones que existen sobre la seguridad y el impacto ambiental de los vehículos automotores, dependiendo los países donde se produce y el mercado de destino de los productos.

La manufactura inteligente se caracteriza por ser altamente flexible, disminuye los costos de producción y de transacción pues se tiene acceso a más información relevante en tiempo real, lo que incrementa la productividad. En el modelo de industria 4.0 se mejora la coordi-

nación de la cadena productiva mediante el intercambio de datos en tiempo real entre todos los eslabones, teniendo un mayor control sobre la calidad en cada uno de los procesos.

La conectividad de los vehículos ha permitido la innovación en servicios telemáticos. Un automóvil interconectado es un conjunto de sistemas informáticos articulados, los cuales están a su vez en conexión con los objetos y los servicios de la vida cotidiana, a través del Internet de las Cosas. Los automóviles interconectados ofrecen una gama de servicios telemáticos, ya sea para dar mayor seguridad a los usuarios o para proporcionarles mayor confort, con el entretenimiento, durante los tiempos de traslado, sobre todo en aquellos vehículos guiados por sistemas inteligentes interoperables. Los automóviles interconectados implican una nueva manera de concebir los desplazamientos en y entre las urbes.

Servicios telemáticos	Descripción
Asistencia de vehículos robados	La tecnología GPS permite ubicar al vehículo inmediatamente, lo cual se traduce en un control total sobre el automóvil y sus desplazamientos. En caso de que el cliente no cuente con las llaves, localizar el vehículo y desbloquear las puertas.
Diagnóstico del estado del vehículo y sus partes	Función sistemática que alerta al conductor sobre las fallas y requerimientos del vehículo y sus partes, evitando accidentes. Los datos que arroja el diagnóstico se almacenan a través de los distribuidores de las marcas automotrices que dan servicios de mantenimiento y reparación.
Respuesta automática de accidentes	En caso de colisiones, el vehículo tiene respuesta inmediata con la compañía que proporciona el servicio de emergencias. Dicha empresa alerta del accidente a servicios de emergencia en los que intervienen los paramédicos, hospitales y seguridad pública.
Navegación paso a paso	Guían al conductor sobre su trayecto punto a punto, seleccionando las mejores vías, dependiendo de las situaciones del tráfico.
Comercio electrónico	Desde el automóvil se pueden realizar compras en línea.
Entretenimiento	Ver programas, jugar videojuegos y escuchar música.

Esta convergencia crea nuevas fuentes de valor dentro de la cadena que son aprovechadas por quienes la gobiernan. Por ejemplo, General Motors creó la empresa On Star para brindar servicios telemáticos a sus vehículos. En este nuevo modelo de negocio basado en la telemática, entran nuevos jugadores tanto de la industria automotriz como de las TIC y, en algunos casos, se dan alianzas, compras y fusiones para aprovechar las capacidades de los diferentes agentes del mercado.

La convergencia entre las TIC con el sector automotriz, que si bien han seguido una trayectoria evolutiva en sus respectivos sectores, genera innovaciones disruptivas cuando convergen, reflejada en mejoras a sus procesos, partes y diseños, propiciando la emergencia de nuevos modelos de negocio y creación de nuevas empresas de base tecnológica.

Conclusión

La convergencia del sector automotriz con el sector de las TIC, modifica la manera de hacer negocios, concibiendo al automóvil no sólo como un vehículo para la movilidad sino también para la prestación de servicios telemáticos, de alto valor y rentabilidad, debido al crecimiento mundial de estos sectores económicos. La convergencia tecnológica y de conocimientos provoca constelaciones de innovación que alteran las formas de organización económica, incorporando nuevos agentes a los mercados que ha ocasionado una revolución en los sistemas de producción, comercialización y distribución.

Las empresas de servicios especializados en TI están ligadas a la arquitectura y diseño del vehículo mediante la creación y puesta en funcionamiento de sistemas embebidos en el automóvil, ya que para que un vehículo pueda proporcionar estos servicios al conductor y pasajeros, requiere ser diseñado y producido con la implementación de estos sistemas informáticos y estar conectado a las redes telemáticas.

Además de los retos tecnológicos que implica la convergencia digital en los sistemas productivos y gerenciales, la formación de capital humano es crucial para agregar valor a los datos y la información que constituye la base del capitalismo informático, liderado por compañías de Estados Unidos, China, Japón y Alemania, principales países productores de automóviles con marcas propias.

Bibliografía

- Álvarez, L. (2011). Estrategias de internacionalización de la industria automotriz 1998-2008. En I. Rueda y L. Álvarez (coords.), *La industria automotriz en época de crisis efectos económicos, financieros y sociales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración-Instituto de Investigaciones Económicas.
- Castells, M. (1999). *La Era de la Información*, vol. 1. México: Siglo XXI.
- Dabat, A., Rivera M.A. y Wilkie, J. W. (coords.) (2004). *Globalización y cambio tecnológico. México en el nuevo ciclo industrial mundial*. México: Universidad de Guadalajara-Universidad Nacional Autónoma de México-University of California Los Angeles-Juan Pablos Editor.
- Freeman, C. (1990). *The Economics of Innovation*. Londres: Pinter.
- Foray, D. y Lundvall, B.A. (1996). The Knowledge-based Economy: from the Economics of Knowledge to the Learning Economy. En *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- Marquina, L. (2012). *Gobernanza global del comercio en Internet*. México: Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.
- Marquina, L. y Nájera, K. (2015). Convergencia tecnológica para el desarrollo de ciudades inteligentes en México. En A. Morales, R. de Gortari y F. Stezano (coords.), *Convergencia de conocimiento para beneficio de la sociedad. Tendencias, perspectivas, debates y desafíos*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Infotec Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación
- Roco, M., Bainbridge, W., Tonn, B. y Whitesides, G. (coords.) (2013). *Converging knowledge, technology, and society: Beyond convergence of nano-bio-info-cognitive technologies*. Londres: Springer.

MODELOS Y SIMULACIONES NUMÉRICAS PARA EL MONITOREO AVANZADO DE SISTEMAS INDUSTRIALES

Horacio Tapia McClung

LANIA

En nuestra era, muchas de las actividades cotidianas económicas y sociales dependen de sistemas complejos creados por el hombre para proveer una variedad de productos y servicios; los ejemplos incluyen medios de transporte, infraestructura de servicios, manufactura avanzada de productos y bienes, la generación de energía, etcétera. Por su naturaleza, estos sistemas y sus componentes están expuestos a un proceso de degradación que puede dar lugar a fallas, en algunos casos catastróficas: como un ejemplo, el avión comercial Boeing 777, diseñado y fabricado por la empresa Boeing Commercial Airplanes, está construido usando alrededor de 3 millones de partes que componen la cabina, los motores, instrumentos, etcétera, todas ellas con el objetivo central de proporcionar un servicios de transporte cómodo, rápido y a bajo costo. Es evidente que, por el uso que tiene un avión comercial, su proceso de degradación es complejo y para su buen funcionamiento se requiere de un programa de mantenimiento apropiado, y que cualquier falla en alguno de sus componentes puede dar lugar a desenlaces no deseados. Un conjunto o colección de objetos o partes con un diseño y propiedades particulares que interactúan entre sí, que en el

caso de la industria y múltiples actividades humanas son para generar bienes o servicios, se conoce como un *sistema*. Las interacciones entre componentes otorgan a un sistema propiedades que los componentes individuales no poseen, llamadas *propiedades emergentes del sistema*; por sí sola la cabina del avión no tiene la capacidad de elevarse por los cielos, requiere de la interacción de todos los componentes para lograr este objetivo. Como resultado del desarrollo y grandes avances de las últimas décadas, los sistemas industriales suelen ser altamente complejos y por lo tanto son altamente susceptibles a fallas en sus componentes individuales o de manera colectiva.

Cuando un sistema deja de funcionar según lo planificado, los costos económicos asociados no solo a la recuperación de su estado a un modo nuevamente funcional pueden ser elevados; en la mayoría de los casos, es posible reestablecer un sistema a un estado operacional por medio del mantenimiento correctivo y controlar la ocurrencia de futuras fallas con acciones y enfoques y estrategias modernas de mantenimiento que pudieran llevar a sistemas con capacidad de automantenimiento (Lee y Wang, 2008).

La aplicación de nuevas tecnologías de la información como las redes de sensores distribuidos, los sistemas y protocolos de comunicación digitales, el Internet de las cosas, el amplio poder de cómputo y las novedosas técnicas y algoritmos para el análisis de información, permiten el monitoreo constante de los sistemas industriales y la eventual predicción en tiempo cuasi real de las condiciones actuales del sistema, ofreciendo una vista real de su proceso de degradación, lo que permite reducir y prevenir la posibilidad de fallas en la operación y funcionamiento (Kobbacy y Prabhakar, 2008).

El día de hoy muchos de los procesos como los que ocurren en la manufactura avanzada, en la industria agrícola, incluso en sistemas y maquinarias de servicio (como los elevadores, tracto camiones, etc.), son ya continuamente monitoreados usando este tipo de tecnologías de la información y pueden considerarse *inteligentes*. Los sensores y las computadoras pueden adquirir cientos de datos sobre el estado y

el desempeño de las máquinas; el problema es el reducido o nulo uso práctico que se le da a estos datos para mejorar las operaciones o los servicios generados. Las razones por las que esto puede suceder son variadas: en ocasiones los datos no están siendo adquiridos con una estructura que permita su procesamiento sin la supervisión humana; en la mayoría de las situaciones no existe una infraestructura para la adquisición y entrega de la información a través de una red adecuada para la administración y/o el análisis de los datos.

Al monitoreo y flujo constante de información de sistemas y procesos industriales debe agregarse el ahora vasto conocimiento acerca de los procesos físicos que afectan a un sistema y que son esenciales para comprender su funcionamiento y en particular las causas o razones de la ocurrencia de una falla. En este sentido, la evaluación de las condiciones actuales de un sistema complejo continua siendo un reto que requiere soluciones modernas e innovadoras (Lee y Wang, 2008).

A través del monitoreo de los diversos componentes de un sistema pueden generarse conjuntos de datos que contienen información relevante acerca del funcionamiento de cada una de las partes. Sin embargo, lecturas equivocadas de los parámetros, valores incompletos, errores humanos, pueden causar que los datos recolectados sean incorrectos y la causa del pronóstico errada, lo que provocaría efectos quizás más catastróficos que la falla misma del sistema, de ahí la importancia del desarrollo de estándares industriales que integren información de diagnóstico y predicción y permitan a las empresas enfocarse en la productividad generada a partir de sus bienes creando procesos confiables y aumentando la calidad de los productos y servicios.

En este ámbito existen muchos retos en la industria nacional, incluyendo el elemento básico de la adquisición y entrega de datos confiables y apropiados. Una posible ruta para lograr una verdadera industria moderna es a través de la convergencia de diversas tecnologías en metodologías de investigación que por medio de simulaciones computacionales con modelos de sistemas industriales ofrecen alternativas para explorar los efectos de las diferentes condiciones de las

componentes de un sistema y cuyos resultados apoyan a la toma de decisiones informadas que impactan positivamente en cuestiones como la reducción de fallas en los equipos, el aumento en la productividad y calidad de los servicios, entre otros.

Conforme se ha incrementado la complejidad de los sistemas, se ha vuelto necesario desarrollar herramientas y tecnologías que puedan aplicarse a entender y controlar las interacciones que se dan entre sistemas y entre sus componentes. En los últimos años se han desarrollado técnicas analíticas y métodos computacionales que se han aplicado con éxito en la extracción de información valiosa a partir de datos recolectados en diversos sectores, tales como sistemas de telecomunicación, plantas de procesamiento y manufactura, sistemas de servicio y transporte, etcétera. Estos métodos van desde aquellos que están guiados por los análisis de flujos continuos de datos provenientes de los sistemas hasta los que se basan en principios físicos y de ingeniería de los sistemas, que incorporan y se adaptan a los datos observados o registrados.

Se entiende por *modelo* una descripción, en ocasiones simplificada, del sistema de interés, que permite simular o experimentar la respuesta del sistema bajo distintas condiciones. Un modelo puede usarse para responder preguntas sobre un sistema sin la necesidad de realizar experimentos con él, algo virtualmente imposible con sistemas industriales. Para estos casos, los modelos computacionales proporcionan la pieza necesaria para responder preguntas acerca del sistema: cuál será la trayectoria de un satélite en órbita si se le proporciona empuje por medio de comunicación remota desde una base en la Tierra; cuál es el máximo peso que puede moverse con el diseño de elevador; cuál es el consumo de energía eléctrica de un sistema de enfriamiento si se encuentra funcionando a la máxima potencia, cómo escala este consumo si son miles de sistemas de enfriamiento funcionando simultáneamente, entre otros.

Los modelos computacionales pueden variar y van desde aquellos relativamente sencillos, como el modelo de un motor DC, hasta algu-

nos muy complejos, como la turbina de un avión (Saxena y Goebel, 2008). En todos los casos, con el apoyo de un modelo computacional es posible simular diversos escenarios en la configuración del sistema, sin embargo el valor de las simulaciones depende completamente de qué tanto el modelo usado representa el sistema real con respecto a las preguntas que desean responderse por medio de las simulaciones por lo que es importante definir un marco experimental de referencia asociado al modelo dentro del cual la validez de las simulaciones pueden ser aceptadas. Las complejidades inherentes a los enfoques de modelos basados en datos y los modelos basados en leyes físicas son temas de investigación pura y aplicada recientes (Srivastava, 2012) y las convergencias entre ellos deben ser explorados en el contexto de sistemas industriales como una posibilidad.

La posibilidad de alimentar modelos computacionales basados en principios y leyes físicas con valores de los parámetros provenientes de las lecturas reales (obtenidas por medio del monitoreo del sistema que se va a modelar y seguir numéricamente su evolución bajo esas condiciones de funcionamiento) permite evaluar el proceso de degradación que causa que no funcione correctamente. Esta información puede ser integrada en un proceso de ciclo de vida del sistema y usarse para realizar mejoras en todos los aspectos tal ciclo del producto.

La información del estado más reciente antes de la falla puede alimentarse nuevamente al producto, proceso o máquina y recuperar el estado de funcionamiento con un bajo costo económico. De este modo, los modelos y simulaciones computacionales de los sistemas abren posibilidades para el diseño de mejores productos y servicios tales como medios de transporte más eficientes, mejores sistemas de comunicación, mejores componentes y procesos químicos para producir medicinas más efectivas, una mejor comprensión de procesos naturales como el clima, huracanes y flujos complejos, entre otros.

Consideremos un sistema mecánico con un componente rotacional. Ejemplos de máquinas que tienen partes que rotan son motores eléctricos, ventiladores, turbinas, compresoras, los neumáticos, etcéte-

ra. Una de las principales causas de fallas prematuras de las máquinas que incluyen componentes rotacionales es debida a un desbalance en las partes que rotan; si los componentes rotacionales no están correctamente balanceados, se generan vibraciones que no solo reducen la eficiencia y degradan el componente, sino que afectan al resto del sistema y el ambiente donde funciona (Kobbacy y Prabhakar, 2008); tal es el caso de los neumáticos de vehículos automotores, que causan además de ruido y vibraciones en la carpeta asfáltica, incomodidad a los pasajeros. El componente rotacional puede modelarse con un disco de densidad de masa homogénea sujeto a una barra cilíndrica que rota a una velocidad angular; del movimiento de la barra se excluye la torsión, y su rotación y flexión pueden modelarse, en primera instancia, con la teoría de barras elásticas de Euler-Bernoulli (Timoshenko, 1953).

Al incluir un elemento de masa que ocasiona que la densidad de masa del disco sea no-homogénea, se provoca un desbalance que tiene un efecto en la rotación del sistema. Dichos efectos pueden estudiarse a través de simulaciones donde se varían parámetros como el radio del disco, el desbalance en la masa, la velocidad de rotación e incluso los parámetros elásticos de la barra. Con este modelo se generan conjuntos de datos para cada componente relevante del sistema, como son el disco y la barra que lo sostiene, que se ven modificados dependiendo de los parámetros elegidos en cada simulación, y el análisis de dichos datos permite entender el sistema bajo condiciones diversas de funcionamiento. Bajo estos modelos es posible apoyar el monitoreo del uso del sistema anticipando así posibles fallas en tiempo real.

Los avances científicos y tecnológicos de las últimas décadas permiten un mejor entendimiento del funcionamiento y de las condiciones físicas que llevan a las fallas de un sistema complejo y ofrecen la posibilidad de formular modelos y descripciones robustas de dichos sistemas. Las simulaciones computacionales a partir de estos modelos son una oportunidad atractiva para empresas mexicanas que buscan reducir costos asociados a fallas y mantenerse competitivas en un mercado global; además, con ellos es posible explorar escenarios diversos

de evolución de los sistemas que apoyen en la definición de estrategias de negocio, incluyendo aquellas relacionadas al mantenimiento y prevención de fallas del sistema o proceso.

Bibliografía

- Srivastava, A.N. y Jiawei, H. (2012). *Machine Learning and Knowledge Discovery for Engineering Systems Health Management*. Londres: CRC Press.
- Kobbacy, K.A.H. y Murthy, P.D.N. (2008). *Complex System Maintenance Handbook*. Springer Series in Reliability Engineering. Londres: Springer Verlag.
- Lee, J. y Wang, H. (2008). New Technologies for Maintenance. En K.A.H. Kobbacy y P.D.N. Murthy (eds.), *Complex System Maintenance Handbook*. Springer Series in Reliability Engineering (pp. 49-78). Springer Verlag.
- Saxena, A. y Goebel, K. (2008). Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set. NASA Ames Prognostics Data Repository. // ti.arc.nasa.gov/tech/dash/pcoe/prognostic-data-repository/. Moffett Field, California: NASA Ames Research Center.
- Timoshenko, S. (1953). *History of strength of materials*. Nueva York: McGraw-Hill.

INCLUSIÓN DIGITAL Y E-SALUD: UNA PROPUESTA DE ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS

Arturo Serrano-Santoyo, Veronica A. Rojas-Mendizabal,
Cristián Castillo-Olea, Anamaria Escofet-Giansone
y Roberto Conte-Galvan
CICESE

Dada la penetración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el tejido social y en particular en el sector salud, se sugiere que la e-Salud constituye un sistema abierto donde la interacción e interdependencia de los aspectos tecnológicos, socio-culturales, normativos y económicos juegan un papel clave en la caracterización del sistema, de aquí que una aproximación disciplinaria resulta insuficiente para su análisis integral. Una perspectiva desde la ciencia de la complejidad puede extraer nuevos hallazgos hacia el fortalecimiento del ecosistema de e-Salud a nivel local, regional y nacional, aumentando su efectividad e impacto como importante habilitador de bienestar social.

El objetivo de este artículo es analizar la e-Salud desde la perspectiva de la complejidad y ofrecer un marco conceptual para su abordaje sistemático con énfasis en la formulación y propuestas de implementación para casos específicos y contextualizados; pretende, por un lado, contribuir a un mejor planteamiento de los proyectos y programas de

e-Salud y, por otro, promover la creación de contextos en continuo aprendizaje para mejorar servicios y procesos de e-Salud

Hemos organizado su contenido de la siguiente manera: primeramente se discute el proceso de construcción de la e-Salud como un sistema dinámico complejo; posteriormente se presenta nuestra propuesta de gestión de la e-Salud desde la perspectiva de la complejidad con el fin de contribuir al desarrollo e implementación de políticas públicas que impulsen su desarrollo y apropiación (como caso se presenta el tele-diagnóstico, ejemplo básico que permita observar los beneficios de aplicar la perspectiva de la complejidad en el entorno de la e-Salud) y, finalmente, llegamos a los comentarios finales y conclusiones, donde enfatizamos el carácter exploratorio de nuestra propuesta, reconociendo el inicio de una búsqueda que permita plantear de una manera holística e inclusiva los problemas relativos a proyectos de creación y fortalecimiento de infraestructura y procesos de e-Salud con un enfoque interdisciplinario y convergente que atienda las necesidades de los actores del ecosistema con mediación de la tecnología para proveer mayor eficiencia a sus funciones y lograr así su propósito de bienestar social.

Introducción

El crecimiento de los sistemas de procesamiento, distribución y transporte de información ha tenido un gran impacto en el sector salud y ha creado oportunidades para mejorar servicios, ampliar su cobertura y buscar eficiencia en los procesos involucrados en el manejo de información sanitaria (tanto de carácter administrativo como operativo) de pacientes y especialistas de la salud. Este crecimiento ha sido acompañado por procesos de convergencia donde la digitalización y la globalización son fuerzas que moldean las funciones y estructura de los ecosistemas de salud.

La e-Salud es afectada por elementos socioculturales que juegan un papel clave en la adopción y apropiación de la tecnología en el sec-

tor salud; considerar la naturaleza multidimensional de la e-Salud y la preponderancia del usuario final como su centro de gravedad nos permite argumentar que para el entendimiento de la operación de dicho ecosistema en forma integral, una visión disciplinaria no es suficiente.

La adopción de la convergencia tecnológica, incentivar la creación y fortalecimiento de infraestructura y, sobre todo, cuidar que la calidad y cobertura de los servicios de e-Salud sean justos y asequibles a la población, admite un nuevo enfoque, este enfoque es imprescindible al observar la condición y potencial de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como vehículo de prosperidad social.

Nuestra propuesta consiste en utilizar un método que permita observar un corte de la realidad que coadyuve a *guiar y nutrir* el desarrollo y fortalecimiento del ecosistema de e-Salud o de alguno de sus subsistemas; se pueden considerar como ejemplos de subsistemas de e-Salud al telediagnóstico, la teleeducación en salud, el telemonitoreo, entre otros.

En la intervención o proyecto de e-Salud se llevan a cabo interacciones con agentes internos y externos que dan lugar al surgimiento (emergencia) de propiedades y comportamientos no esperados y a procesos de autoorganización y retroalimentación, atributos que denotan su naturaleza dinámica, adaptativa y compleja, y los cuales siguen los principios de funcionamiento de un sistema complejo (Almeida-Filho, 2006; Anderson, 2005; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Global Science Forum, 2009; Ramis Andalia y Sotolongo Codina, 2009).

Se propone, entonces, que el entendimiento de la dinámica del ecosistema de e-Salud, como un recorte de su realidad, permite plantear de manera integral los retos, objetivos y preguntas conductoras de proyectos y programas locales, regionales y nacionales; lo anterior puede apoyar al diseño e implementación de políticas públicas que se aparten de enfoques reduccionistas que privilegian el fenómeno de *hacer más de lo mismo* en donde el otorgamiento de insumos (tecnológicos y financieros) no garantizan, por sí solos, la eficiencia de los proyectos.

La construcción de la e-Salud como un sistema complejo

La e-Salud constituye un sistema abierto donde la interacción e interdependencia de los elementos tecnológicos, socioculturales y económicos, juegan un papel clave en la caracterización de este ecosistema. Una perspectiva desde la complejidad puede extraer nuevos hallazgos rumbo a la conformación de un marco de referencia que involucre a los actores de mayor relevancia, así como los diferentes niveles de gestión que intervienen en la dinámica del sistema (Castañares Maddox, s/f; García, 2006).

Al introducir la complejidad como propuesta de análisis de la e-Salud como un sistema, conceptualizamos el pensamiento complejo alrededor del dicho sistema socio-técnico como un corpus de ideas coherentemente conectadas que permiten por un lado, observar un corte de la realidad del funcionamiento en el sistema, y por otro, entender los cambios y las interrelaciones de los subsistemas y agentes involucrados (Morin y Pakman, 1994).

Un sistema complejo es difícil de desmenuzar dado que sus características colectivas no pueden ser previstas en su totalidad a partir de sus componentes individuales. La interconectividad es la esencia de los sistemas complejos; es decir, estos sistemas comprenden una red de nodos interconectados cuyas interacciones definen su naturaleza (Liu, Slotine, y Barabasi, 2013). De esta forma, un entorno se *complejiza* cuando existen diferentes subsistemas que interactúan de tal manera que el total adquiere una naturaleza por sí mismo, se adapta y se desempeña en respuesta a condiciones cambiantes y en donde nuevas estructuras con nuevas propiedades surgen como resultado de la interacción de sus componentes (Axelrod y Cohen, 2000).

La enumeración de los anteriores factores da pie a nuestra propuesta de análisis de la e-Salud vista como sistema socio-técnico, y la complejidad como estrategia para su estudio y eventual aplicación en diferentes contextos. Por ello, el comportamiento multifactorial de la e-Salud y la interacción entre sus componentes admite su conceptua-

lización como un sistema complejo dinámico y adaptivo en el cual se hace necesario romper con patrones paradigmáticos que solo enfocan en el lado tecnológico del sistema (Kilkki, 2008).

En el proceso de construcción de la e-Salud como sistema complejo adoptamos la propuesta de Rolando García (García, 2006) como un marco conceptual y metodológico de trabajo interdisciplinario que aplicaremos en nuestro caso a la investigación de las interacciones sociedad-tecnología. Se propone entonces una construcción con los siguientes elementos (Aguilar de la Peña, 2008), tal como se muestra en la Figura 1:

- I. Se genera una visión alrededor del proyecto para definir el objetivo del programa o proyecto de e-Salud a desarrollar.
- II. Planteamiento de preguntas conductoras.
- III. Desarrollo del Marco Conceptual. Análisis por parte de los participantes en el programa de e-Salud de la historicidad y de la *realidad observada* del contexto en donde se llevará a cabo la intervención. Esto incluye el entendimiento de la dinámica del ecosistema y sus interacciones.
- IV. Para llegar a la *realidad deseada* se adopta la estrategia sugerida por Castañares-Maddox (Castañares Maddox, s/f) sobre sistemas socio-ambientales, en la cual se identifican tres niveles de gestión en la toma de decisiones. Esta estrategia es un intento de “actuar sobre la complejidad” para lograr una conexión entre teoría y praxis. Los tres niveles son:
 - a) Nivel Estratégico
 - b) Nivel Táctico
 - c) Nivel Operativo



Figura 1. Proceso de construcción desde la perspectiva de la complejidad.

Estos tres niveles de organización con actores interactuando inter e intraniveles dan lugar a flujos de entrada y salida los cuales determinan en sus interrelaciones la estructura del programa o proyecto visto como sistema complejo. En esta forma, en el desarrollo del sistema complejo (programa o proyecto de e-Salud) la toma de decisiones emerge de la interacción de los agentes en los tres niveles dando lugar a acciones con mayor grado de coherencia e integración.

Actuando sobre la complejidad en e-Salud

Para describir nuestra propuesta en relación a la gestión de e-Salud desde la perspectiva de la complejidad, en primera instancia, tomamos en cuenta lo que Aguilar Villanueva (1996) considera sobre políticas públicas; según este autor, consisten en el diseño de una acción colectiva intencional, el curso que efectivamente toma la acción como resultado

de varias decisiones e interacciones y, en consecuencia, los hechos reales que la acción colectiva produce; por lo que una política pública es una solución que se oferta partiendo de una condición social. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud, afirma que:

En los programas nacionales de salud cerca de dos terceras partes de los países no disponen de una política nacional de tecnologías sanitarias que orienten la planificación, evaluación, adquisición y gestión de los dispositivos médicos. Por lo que la inexistencia de una política puede hacer que se invierta en dispositivos médicos que no se ajusten a las necesidades prioritarias de la población, que sean incompatibles con las infraestructuras y servicios existentes o cuyo mantenimiento sea demasiado caro. Este desperdicio puede minar los sistemas de salud en su conjunto, desviando fondos necesarios para otros servicios esenciales. (Organización Mundial de la Salud, 2010).

Nuestra propuesta consiste en iniciar la actuación sobre la complejidad de acuerdo a lo descrito anteriormente planteando la pregunta conductora. Para ello es necesario definir una intervención concreta y un contexto, así como sus objetivos y alcance. Por ejemplo, para el caso de telediagnóstico, las preguntas conductoras relacionan las necesidades y características tanto del contexto como su historicidad; es decir, es necesario llevar a cabo un análisis de la realidad observada del escenario de telediagnóstico que se quiere analizar en el específico centro de salud a intervenir.

En este caso, donde un centro remoto ubicado en una zona rural requiere del apoyo de un centro especializado para el diagnóstico de una enfermedad o patología particular, algunas de las preguntas conductoras pudieran ser, por ejemplo:

- ¿Las políticas públicas actuales sobre e-Salud son pertinentes para mejorar la condición de salud del contexto rural donde se está interviniendo?

- ¿Cómo las políticas públicas aplicadas a telediagnóstico pueden mejorar la cobertura y la calidad de los servicios de salud en el contexto descrito?
- ¿Cómo usar telediagnóstico en el contexto particular mejora la cobertura y calidad de los servicios de salud?
- ¿Cómo el tele-diagnóstico reduce el costo de transportación de pacientes a hospitales especializados?
- ¿Cómo el tele-diagnóstico mejora el índice de desarrollo humano (IDH) de la población rural y a su vez de la región o país?
- ¿Cuáles son las habilidades digitales mínimas para una intervención de tele-diagnóstico en una población rural?
- ¿Cuáles son los elementos que determinan la adopción y apropiación del tele-diagnóstico en una población rural?

Dependiendo del problema a resolver, se define la pregunta conductora. Posteriormente, se lleva a cabo el análisis de niveles propuesto en la Figura 2, con lo cual tendremos un recorte de la realidad observada del contexto en particular. Se trata entonces, de construir el sistema integral de tele-diagnóstico en forma colectiva para identificar las funciones y responsabilidades de los actores inter e intra-niveles.



Figura 2. Contextualización preliminar del espacio de estudio: Caso Tele-diagnóstico en México

Nuestro análisis, para un caso hipotético de telediagnóstico en México considera la identificación de agentes que conformarían el sistema en sus tres niveles de interacción. Para describir la contribución de este artículo en forma más específica, consideramos el caso de una población rural en México que requiere de apoyo de tele-diagnóstico. En el nivel estratégico, se encuentran a nivel nacional (por mencionar los principales actores): la Secretaría de Salud (ss), el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) (2012), dependiente de la SS y responsable de las acciones de Telesalud de carácter público en el país. En el ámbito internacional se tendrían, por ejemplo, a la Organización Mundial de la Salud (oms) y la Organización Panamericana de la Salud (ops); en el nivel táctico: un centro rural de primer nivel donde la intervención se llevaría a cabo apoyándose en un centro especializado; en el nivel operativo se identifican en el subsistema humano a médicos especialistas y generales y pacientes; en el subsistema tecnológico: dispositivos médicos y *software* aplicado a la salud; y en el subsistema socio-económico: la infraestructura física (accesibilidad, ergonomía y arreglo de los dispositivos y equipos), el costo de los factores involucrados en la intervención (insumos, horas hombre, conectividad, etc.).

Al analizar las interacciones en el nivel operativo, en el caso de telediagnóstico, existen interacciones entre el médico general y el médico especialista a través de dispositivos médicos, diferentes tipos de *software* aplicados a videoconferencia y una red de internet, por lo que para este caso particular la interacción que exista entre los médicos y la tecnología es importante, ya que será la mediadora para que se brinde un diagnóstico oportuno y ayudará a tomar una decisión para actuar respecto al paciente; en este aspecto, las habilidades digitales de los médicos son muy importantes. De esta manera se debe analizar cada una de las interacciones dentro de este nivel.

Siguiendo con el procedimiento propuesto, debemos pasar a analizar el nivel táctico. Como se observa en la Figura 5, en él van a mediar los niveles operativo y estratégico, por lo que el nivel táctico juega un

rol importante al momento de la creación de políticas públicas. Al igual que en el ámbito anterior, es necesario realizar un análisis más detallado de las interacciones entre todos los agentes, para lo cual se necesita un proceso de observación en un escenario más concreto.

Finalmente, para el nivel estratégico, como se menciona en su portal (2012), CENETEC es una institución con responsabilidades en los procesos de e-Salud en México, la cual depende de la Secretaría de Salud. Las interacciones SS- CENETEC son claves en todo el proceso de telediagnóstico.

A partir de la realidad observada se pueden sugerir estrategias de implementación, y un plan de acción que se encuentre en constante observación por los agentes de los niveles tácticos y estratégico para diseñar nuevas políticas públicas o, en su caso, fortalecer las existentes. Debido a la naturaleza adaptativa y dinámica del ecosistema de e-Salud en donde el telediagnóstico se lleva a cabo, es necesario un proceso de retroalimentación entre los diferentes niveles, para optimizar y actualizar periódicamente las políticas públicas asociadas.

Nuestro propósito ha sido entonces sugerir la aplicación de una perspectiva integral que ofrece la complejidad para que el planteamiento de políticas públicas de inclusión digital en salud se lleven a cabo con la participación de todos los actores involucrados, su interacción y el reconocimiento del contexto. Con lo anterior se pueden generar diferentes escenarios de realidad deseada en los que se puedan identificar mejor los factores que responden a las preguntas conductoras planteadas.

Comentarios finales y conclusiones

El marco conceptual ofrecido en esta contribución sobre la concepción de e-Salud sugiere una conexión que involucra varios sistemas interrelacionados (cognitivos, tecnológicos, lingüísticos, socioculturales y otros), admite por lo tanto un enfoque interdisciplinario a manera de

punte conceptual entre disciplinas que pudieran, en primera instancia, observarse como incompatibles.

Desde su origen la e-Salud ha sido afectada por los elementos socioculturales y aunque este hecho no haya sido suficientemente reconocido, o cuando menos observado, las implicaciones de esta interrelación en el actual entorno global no pueden ser ignoradas y deben ser tema de estudio en los programas educativos en e-Salud.

Finalmente y a manera de cierre, como trabajo futuro y tarea pendiente para su análisis a profundidad, identificamos tres retos para la implementación de proyectos de e-Salud:

- I. La posibilidad de integrar un enfoque epistemológico sólido para cada programa y proyecto de e-Salud capaz de interpretar y explicar la interacción entre los sistemas sociales y tecnológicos.
- II. Plantear un marco teórico para abordar la e-Salud con un enfoque alternativo para su análisis y operación, el cual pueda eventualmente coadyuvar al diseño de proyectos de inclusión digital en el sector salud, y otros programas educativos de manera holística.
- III. Plantear un marco de gestión que incorpore los agentes, el contexto y las condiciones de contorno que coadyuven al desarrollo de aplicaciones que contribuyan al bienestar social de la población.

Bibliografía

- Aguilar, L. F. (1996). *La implementación de las políticas*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Aguilar de la Peña, J. M. (2008). Pobreza y Marginación en la Mixteca Poblana: un análisis desde el enfoque de Sistemas Complejos. En B. Ortiz Espejel y G. Duval (eds.). 1a ed. Puebla: Universidad Iberoamericana Puebla-Colegio de Postgraduados Puebla-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Puebla.
- Almeida-Filho, N. (2006). Complejidad y Transdisciplinariedad en el Campo de la Salud Colectiva: Evaluación de Conceptos y Aplicaciones. *Salud Colectiva*, 2 (2), pp. 123-146.
- Anderson, R. A. (2005). Case Study Research: The View From Complexity Science. *Qualitative Health Research*, 15 (5), pp. 669-685. [//doi.org/10.1177/1049732305275208](https://doi.org/10.1177/1049732305275208).
- Axelrod, R.M. y Cohen, M.D. (2000). *Harnessing complexity: organizational implications of a scientific frontier*. Nueva York: Basic Books.
- Castañares Maddox, E. J. (s/f). *Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso de Corredor Biológico Mesoamericano México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) (2012). Atribuciones de CENETEC. 12 de marzo. Sitio gubernamental. www.cenetec.salud.gob.mx/interior/atribuciones.html. Consultado el 2 de Abril de 2014.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- Kilkki, K. (2008). Quality of Experience in Communications Ecosystem. *Journal of Universal Computer Science*, 14 (5).
- Liu, Y.Y., Slotine, J.J. y Barabasi, A.L. (2013). Observability of Complex Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (7), pp. 2460-2465. [//doi.org/10.1073/pnas.1215508110](https://doi.org/10.1073/pnas.1215508110).

- Morin, E. y Pakman, M. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Global Science Forum (2009). Applications of Complexity Science for Public Policy: New Tools for Finding Unanticipated Consequences and Unrealized Opportunities (Workshop). Sicilia: OECD.
- Organización Mundial de la Salud (2010). Dispositivos médicos. Septiembre. Sitio Informativo. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs346/es/. Consultado el 2 de abril de 2014.
- Ramis Andalia, R. M. y Sotolongo Codina, P. L. (2009). Aportes del pensamiento y las ciencias de la Complejidad al estudio de los determinantes de la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35 (4), pp. 65–77. //doi.org/10.1590/S0864-34662009000400008

**POLÍTICAS PÚBLICAS PARA
LA CONVERGENCIA DEL CONOCIMIENTO:
EL CASO DEL FONDO MIXTO
CONACYT/GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Saray Bucio Mendoza (CIGA-UNAM)
José Alberto Solís Navarrete (UAG)
Pedro Mata Vázquez (SICDET, Michoacán)

Introducción

El paradigma de la ciencia unificadora (Roco, 2004) se relaciona tanto con la forma de hacer ciencia y con la forma de abordar los problemas científicos, como con la forma de producción, así como el uso y destino de los productos elaborados bajo este nuevo esquema. Ello apunta hacia un nuevo sistema de organización social para la generación de conocimiento y para llevar este conocimiento a resolver las necesidades sociales, lo cual implica cambios estructurales aún no suficientemente dimensionados que son requeridos tanto en las organizaciones tanto públicas como privadas, además de nuevos esquemas mentales de los actores involucrados.

Por las revoluciones tecnológicas acontecidas en el sistema global vinculadas a las actividades emergentes y debido al potencial innovador que éstas presentan para el desarrollo productivo, la generación de riqueza, el mejor entendimiento y la búsqueda de soluciones más

integrales a los problemas sociales, el término convergencia del conocimiento, así como convergencia tecnológica se ha centrado en lo relacionado con la Nanociencia y Nanotecnología, Biotecnología, Tecnologías de la Información y Ciencias Cognitivas (NBIC), sin embargo, los beneficios sociales de la convergencia del conocimiento pueden incluir a otras ciencias y enfocarse en diversos problemas que enfrenta la humanidad, vinculados o no con los sectores productivos.

En este sentido, la *convergencia de conocimiento y tecnología* es definida como la interrelación entre diferentes disciplinas que es consecuencia de la diversificación y especialización ligada al incremento de las complejidades económicas, productivas y sociales que demandan respuestas mediante la integración de las diferentes disciplinas para resolver estos problemas (Hacklin y Wallin, 2014 en Casalet, 2016).

Aunque los beneficios de la convergencia tanto de la ciencia como de la tecnología pueden tener impactos en todas las áreas de la vida humana, las principales áreas de impacto que se visualizan son cognición humana y comunicación, salud y capacidades físicas, resultados tanto para grupos como a nivel de toda la sociedad (incluyendo nuevos bienes y servicios), seguridad nacional, ciencia y educación, así como negocios y organizaciones (Roco y Bainbridge, 2003; Roco, 2004).

La ciencia unificadora, implica un cambio institucional en el sistema de generación y aplicación del conocimiento, en la visualización de las demandas sociales, en las universidades y centros de investigación, en los organismos públicos y privados que financian y evalúan esta tarea, así como en los que se encargan de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), en las organizaciones no gubernamentales (ONG) y en las organizaciones productivas que demandan el conocimiento para aplicarlo de forma creativa; esto es un gran reto, ya que actualmente todo el sistema sigue privilegiando el reduccionismo y la visión desarticulada de los problemas sociales, limitando en este sentido el desarrollo del conocimiento con base en esquemas de convergencia, así como el potencial de éste para beneficio de la sociedad.

El tema de la convergencia no es solo tarea del gobierno, las universidades y las empresas, ya que como señala Roco (2004), la participación de los usuarios y la sociedad civil es esencial para el aprovechamiento de la tecnología que permita desarrollar un cuadro completo de las implicaciones sociales lo antes posible; en este sentido, la participación en el diseño de las estrategias hacia la convergencia desde la política hasta los grupos de trabajo, (así como de las organizaciones y los sistemas de producción) debe involucrar a todos los actores sociales, que mediante la interacción y el *feedback* al trabajar en grupos tanto multidisciplinarios como multisectoriales pueden permitir que se alcance una mejor comprensión de las implicaciones sociales de la convergencia y que se desarrolle una estructura social más favorable a estas actividades.

Si bien la lógica del diseño e implementación de las políticas públicas responde a la construcción de agendas y de las formas de actuar de los gobiernos (Parsons, 2007), el aprovechamiento del conocimiento orientado al desarrollo y el beneficio social, es también responsabilidad de los hacedores de política (Olivé, 2008). En tal sentido se plantea que son aquellas políticas de CTI con un enfoque territorial que buscan atender demandas sociales, las más tendientes a la convergencia del conocimiento.

En Michoacán han existido diversos cambios en las instituciones formales encargadas de la política de CTI,¹ que responden a múltiples coyunturas políticas y económicas, sin embargo, desde 2003 se conformó un fideicomiso denominado Fondo Mixto Conacyt-Gobierno del estado de Michoacán (Fomix-Mich), el cual permite conjuntar recursos entre la federación, el estado e incluso los municipios,² a fin de resolver problemas específicos a través de la CTI, promoviendo el

¹ No solamente en la visión de diferentes administraciones públicas, sino también en el ámbito legislativo a través de reformas a las leyes de ciencia y tecnología, así como una reconfiguración del organismo que lidera la política de CTI estatal, que recientemente se ha transformado en una Secretaría (Solís, 2016).

² Y también involucrando en algunas convocatorias, recursos del sector productivo.

desarrollo y la consolidación de las capacidades locales. A pesar de los recortes presupuestales federales y estatales, el Fomix-Mich continúa vigente y con recursos, siendo el principal instrumento de política de CTI con un enfoque de desarrollo regional en la entidad. En virtud de lo anterior, el presente trabajo busca analizar la evolución de las políticas de CTI a través del Fomix-Mich que han podido favorecer la convergencia del conocimiento para el beneficio de la sociedad en Michoacán.

Fomix - Michoacán hacia la convergencia del conocimiento

De 2003 a 2015 se han aprobado un total de 128 proyectos del Fomix - Mich que superan los 200 millones de pesos provenientes de recursos estatales y federales (Solís, 2016); excepto en 2004 y 2011 que por restricción presupuestal no se emitieron convocatorias. De acuerdo a cifras de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico (SICDET), cerca de la mitad de los proyectos (49%) han sido de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), 12% para Centros Conacyt (El Colegio de Michoacán), 10% para la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 5% para el Instituto Tecnológico de Morelia (ITM), 5% para empresas privadas, y el resto para distintas instituciones de investigación y de educación superior públicas, así como asociaciones como el Patronato del Museo Explora y la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT). Para el análisis de las características y enfoque de la política de CTI favorables a la convergencia, primeramente se identifican aquellos proyectos relacionados directamente con los sectores NBIC, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Sector Año	Nanociencia y Nanotecnología	Biotecono- logía	Tecnologías de la Información	Ciencias Cognitivas
2003		9		3
2005		2	2	1
2006	1	2		
2008			1	
2009		12		1
2010		2		
2012		8		
2013		1		
2014		2		

Tabla 1. Proyectos Fomix-Mich involucrados en los sectores NBIC. Elaboración propia con base en datos de Conacyt.

Es evidente que las capacidades científicas y tecnológicas en el estado de Michoacán que más están relacionadas con la convergencia del conocimiento, necesariamente están involucradas con el sector de la biotecnología, principalmente la agroalimentaria en procesos biotecnológicos y las síntesis, destacando a la UMSNH y centros Conacyt como el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ); todo ello, responde a la vocación productiva de Michoacán, caracterizada por una importante participación del sector agroindustrial en el país, liderando la producción en fresco de diversos productos como el aguacate, la zarzamora y la guayaba (SIDDET, 2016), entre otros, con lo que se ha buscado incrementar el valor agregado mediante la incorporación del conocimiento. En este contexto destaca un par de proyectos apoyados tanto en 2009 como en 2014 que dan origen al Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán (CIDAM), infraestructura destinada principalmente a la

biotecnología bajo un modelo único de cooperación entre el Conacyt y el gobierno estatal.

En el caso del ámbito del Nano solamente se ha apoyado un proyecto aplicado a la industria de la construcción a cargo del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) ubicado en el estado de Querétaro; en tecnologías de la información se han desarrollado sistemas y herramientas para empresas y el gobierno estatal; y, finalmente, en el caso de las ciencias cognitivas destaca la convergencia en el desarrollo y perfilamiento de un espacio para la difusión y divulgación de la CTI como lo es un museo interactivo.

Más allá de los sectores involucrados directamente y como ya se ha comentado con anterioridad, los beneficios sociales de la convergencia del conocimiento involucran necesariamente otras ciencias que busquen atender distintas problemáticas, que en este caso van vinculadas a demandas de investigación y desarrollo tecnológico en un espacio territorial, como lo es el estado de Michoacán, de ahí la necesidad real del Fomix orientado a plantear soluciones con enfoques multi y transdisciplinarios.

Algunos proyectos con enfoque territorial más allá de los sectores NBIC, tomando en cuenta las distintas dimensiones de una investigación compleja, al ser intervenidos por múltiples disciplinas tendientes a una convergencia, pueden observarse en la siguiente tabla

Año	Proyectos
2003	6
2005	5
2006	6
2007	1
2009	5
2010	1

Tabla 2. Proyectos con enfoque territorial y complejo. Elaboración propia con base en datos de Conacyt.

Problemáticas relacionadas con el medio ambiente, modelos de producción y transferencia de tecnología, sustentabilidad, ordenamiento territorial, aprovechamiento de recursos naturales, vulnerabilidad, salud, estudios multidisciplinarios y prospectivos, son algunos de los temas abordados mediante la intervención de múltiples áreas de conocimiento en diferentes regiones de Michoacán para resolver problemáticas, por ejemplo, el proyecto de “Saneamiento del cauce natural (meandro) del Río Lerma e integración del mismo a la dinámica urbana de La Piedad, Michoacán” es una clara experiencia hacia la convergencia del conocimiento, en donde la política de impulso a la CTI, a través del Fomix-Mich, puede generar beneficios sociales.

Con base en lo hasta aquí expuesto y de manera descriptiva se presenta en la tabla 3 la orientación que este programa, como parte de la política en el sector, tiene hacia la convergencia de la ciencia y la tecnología en el nuevo paradigma vinculado a NBIC, de donde se desprende que aunque se ha comenzado a incluir esta visión en las diferentes ediciones, no se visualiza aún como un elemento sustancial de la política de CTI.

Característica	Presencia en el Programa
Propicia la investigación multidisciplinaria	La contempla pero no la propicia, y no lo hace con visión hacia la convergencia
Contempla el diálogo multisectorial	Parcial y esporádicamente
Aborda problemáticas territoriales complejas	Sí en varios casos
Incluye temáticas vinculadas a NBIC	En un bajo porcentaje, pero se ha comenzado a incluir
Permite la participación del sector privado en la definición de las demandas	En algunas ocasiones, pero no ha sido lo habitual
Fomenta la investigación sobre los riesgos de la convergencia	No hasta la fecha

Propicia la investigación del sector privado y social, así como la incorporación de tecnologías convergentes en sus actividades	En la medida en que prioriza la originalidad y contenido innovador de las propuestas tanto en la generación como en la aplicación del conocimiento, así como en el uso de materiales, procesos, servicios y tecnologías existentes.
Impulsa la formación de grupos de conocimiento con visión de ciencia unificadora	Aunque no se ha hecho para Michoacán, el programa contempla la creación y consolidación de redes, así como de proyectos integrales, pero no se especifica que sea con esta visión.
Promueve la creación de infraestructura hacia la convergencia	Solamente en la convocatoria de 2014 con el caso del CIDAM

Tabla 3. Características del Fomix Michoacán desde el enfoque de la convergencia. Fuente: Elaboración propia con base en Roco y Bainbridge (2003), Roco (2004) y Casalet (2016).

A manera de conclusión

El Fondo Mixto, como estrategia para impulsar los cambios institucionales y organizacionales que requiere el nuevo paradigma del desarrollo de las sociedades a partir de la convergencia de la ciencia y la tecnología, debido a que no ha sido diseñado con ese fin en particular cumple parcialmente con algunas de las características que, a nuestro juicio, debería tener un programa que impulse el desarrollo territorial con una visión de convergencia. Sin embargo, resulta alentador evidenciar que se han tenido avances en la materia, sembrando la semilla de la convergencia en un contexto en el que se requieren cambios en todos los sectores, y se observa en general para México, y Michoacán no es la excepción, un fuerte rezago en la materia. Ya que se sigue priorizando la visión segmentada de los problemas y su abordaje fragmentado desde la ciencia; el sistema de producción especialmente en Michoacán es en su mayoría tradicional, su estructura económica refleja muy poco alcance en las actividades emergentes relacionadas con NBIC.

A partir de la experiencia hasta el momento, si se decide desde las instancias gubernamentales responsables del FOMIX darle una orientación como instrumento para el avance de la convergencia, se presentan varias áreas de oportunidad. Ello podría incluir criterios para el fortalecimiento del programa; entre ellos, agregar de manera explícita en los impactos solicitados en las convocatorias el tema de la convergencia en lo referente a la vinculación entre sectores pero de manera sistemática, por citar un ejemplo; asimismo, otro criterio sería no solo contemplar sino exigir la multidisciplinariedad en los grupos de trabajo especificando la manera en que los participantes se complementan y su labor en la frontera del conocimiento entre ciencias; en los riesgos a tomar en cuenta se puede agregar el impacto contemplado de los proyectos en materia de responsabilidad social territorial.

Estos esfuerzos desde el sector público, no serán suficientes si no se contempla la participación del sector productivo, el sector académico y la sociedad civil, tanto en la definición de los programas y las convocatorias, como en asumir el compromiso de introducir el tema de la convergencia en sus actividades, en sus investigaciones y adaptar sus estructuras de manera flexible para afrontar los retos de esta nueva era del conocimiento.

Bibliografía

- Bianchi, C., Stezano, F. y Torres C. (2014). Apuntes metodológicos para estudios sobre biotecnología en América Latina. En *Primer taller de discusión metodológica, Red de estudios sobre Biotecnología en América Latina (RED-BIO)*. Buenos Aires: Red de estudios sobre Biotecnología en América Latina (RED-BIO).
- Casalet, M. (2016). Convergence of Knowledge and Technologies: Approaches, Dimensions and Applications. En *Tercer Congreso Anual de la Red Temática Conacyt Convergencia del Conocimiento para Beneficio de la Sociedad Perspectivas de la Convergencia de Conocimiento y Tecnológica en América Latina: Avances y Obstáculos*, 23 y 24 de agosto, Ciudad de México. //red-convergencia.org.mx/docs/WORKSHOPMonica.pdf. Consultado el 3 de noviembre de 2016.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) (2016). Fondos Mixtos Constituidos, Michoacán. //conacyt.gob.mx/index.php/fondos-mixtos-constituidos/item/michoacan. Consultado el 28 de octubre de 2016.
- Olivé, L. (2008). Innovación y cultura científico-tecnológica e innovación. Una perspectiva general del problema. En V. Giovanna (ed.), *Ciencia, Tecnología e Innovación, hacia una Agenda de Política Pública* (pp. 37-56). México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
- Parsons, W. (2007). *Políticas Públicas, una introducción a la teoría y práctica del análisis de políticas públicas*. México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
- Roco, M.C. y W.S. Bainbridge (eds.) (2003). *Converging Technologies for Improving Human Performance*. 5) National Science Foundation (NSF). Boston: Kluwer.
- Roco, M.C. (2004). Science and Technology Integration for Increased Human Potential and Societal Outcomes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1013, pp. 1-16. //onlinelibrary.wiley.com/

doi/10.1196/annals.1305.001/epdf. Consultado el 3 de noviembre de 2016.

Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico (SICDET) (2016). Observatorio de CTI. [//cecti.homelinux.org/observatorio/](http://cecti.homelinux.org/observatorio/). Consultado el 26 de octubre de 2016.

———. (2016). Programa Especial de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico del Estado de Michoacán 2015-2021, Morelia.

Solís, J. A. (2016). *Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo Regional*. Tesis de grado de doctor en Ciencias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LAS IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA

Carlos Miguel Amador Ortiz,
Luis Eduardo García Nacif Hid,
Leticia Velarde Peña
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta

Uno de los principales antecedentes en el desarrollo teórico de la convergencia tecnológica fue el reporte derivado de un taller académico convocado por la National Science Foundation (NSF) y el departamento de comercio de Estados Unidos, elaborado por Roco y Brainbridge (2002), en el que se aborda el tema de convergencia y su influencia en diferentes ámbitos, tales como el industrial, el económico, el político y el social.

En este reporte Roco y Brainbridge (2002) definen la convergencia de tecnologías como la combinación singérgica de cuatro grandes áreas (*nano-bio-info-cogno*) proveedoras de conocimiento científico y tecnologías, las cuáles actualmente están progresando rápidamente: i. nanociencias y nanotecnología; ii. biotecnología y biomedicina incluyendo ingeniería genética; iii. tecnologías de la información, incluyendo computación avanzada y comunicaciones; iv. ciencias cognitivas, incluyendo neurociencias cognitivas.

Otro de los antecedentes a esta temática se desarrolla a través de una reunión de expertos convocada por la comisión europea para abor-

dar las implicaciones y el potencial de la convergencia tecnológica con relación a la economía, la sociedad y los ciudadanos de la comunidad europea. A partir de esta reunión de expertos se generó el reporte: *Shaping the Future of European Societies*, elaborado por Nordmann, y en este se define la convergencia de tecnologías como la habilitación de tecnologías y sistemas de conocimiento que relacionados entre sí buscan el logro de un objetivo común (Giorgi y Luce, 2007: 308).

A partir de estos estudios se generan dos grupos de trabajo con una conceptualización diferente de la convergencia de tecnologías, por una parte el grupo de Estados Unidos, para quienes el tema de la convergencia no consiste en combinar nano-bio-info y cogno en términos de teorías o métodos, para ellos el enfoque se orienta a abordarlos sobre las nuevas tecnologías derivadas de la convergencia. Por otro lado el equipo conformado por la comisión europea concibe la convergencia tecnológica más orientada a la resolución de problemas, es decir combinar el conocimiento y métodos de diferentes disciplinas para resolver problemas sociales (Giorgi y Luce, 2007: 308).

Más recientemente el concepto de convergencia NBIC ha evolucionado hacia “convergencia de conocimiento y tecnología en beneficio de la sociedad” (CKTS en inglés, Convergence of knowledge and technology for the benefit of society), concebido como el núcleo de las oportunidades de progreso en el siglo XXI, y se define como la interacción escalada y transformadora entre disciplinas científicas aparentemente distintas, tecnologías, comunidades y dominios de la actividad humana para lograr la compatibilidad mutua, sinergias e integración y a través de estos procesos crear valor agregado y diversificarse en áreas emergentes para alcanzar objetivos compartidos (Roco *et al.*, 2013: XIII).

De acuerdo a Marquina (2015: 41), esta última conceptualización de convergencia de conocimiento y tecnología en beneficio de la sociedad representa una tercera fase de evolución conceptual que implica una expansión de las tecnologías emergentes para introducirlas en plataformas dispuestas para el uso personal, social, e incluso mundial. La conceptualización va más allá del modelo NBIC, para ser más amplio e

incluyente con otras áreas emergentes, y la orientación va dirigida con mayor claridad hacia el beneficio social.

En un estudio efectuado por Andler *et al.* (2008: 10) se clasificó en nueve categorías la investigación que se realiza bajo el enfoque de convergencia tecnológica, en estas áreas se espera tener un desarrollo importante en cuanto al avance y aplicación del conocimiento con un impacto importante para la sociedad, las áreas identificadas son: neurociencias; mejoramiento físico y biomedicina; biología sintética; interfases hombre-máquina; sensores; reconocimiento de patrones; modelado del mundo basado en computadoras; robots y software, y dispositivos inteligentes.

Estos nuevos enfoques teóricos sobre los avances tecnológicos han generado diversos cuestionamientos, por una parte se presentan como las áreas de mayor auge en el desarrollo científico y tecnológico, y que en convergencia se conciben como los campos de conocimiento que estarán delineando las tecnologías que puedan brindar respuesta a algunos problemas que enfrenta la sociedad, pero por otro lado pueden modificar las concepciones que tenemos del ser humano, de la vida, de la salud, e inclusive representar un riesgo también para la sociedad, por lo que es un campo de estudio no únicamente para el desarrollo científico y tecnológico sino también para la ética.

Por tanto, los avances del conocimiento y sus aplicaciones conllevan riesgos que es conveniente analizar desde el punto de vista de la ética, sobre todo en un momento como el actual en que la información se ha convertido en uno de los valores de la sociedad, y las perspectivas de cambio social y desarrollo económico dependen cada vez más de su explotación (Martin, 1997: 83).

En la época contemporánea se ha concebido la generación de conocimiento, es decir la ciencia, ligada a la libertad de pensamiento, uno de los valores sociales más representativos en la actualidad, además el juicio moral concerniente de la ética como disciplina se dirige hacia las acciones humanas y no hacia el conocimiento, es debido a esto que ha existido mucha resistencia para poner límites a la actividad científica.

Bunge (1991) menciona que la ciencia pura es inocente en cuanto a implicaciones éticas, pero este criterio no aplica de la misma manera para la ciencia aplicada y la tecnología. Sin embargo, la estrecha relación que existe entre la ciencia y la tecnología tuvo como efecto extender a la tecnología aquel derecho de expansión ilimitada que se reconoce a la ciencia, ya que no hay verdades moralmente prohibidas, por tanto no es lícito poner límites a la libertad de investigación científica en nombre de la moral, así como tampoco es lícito frenar el progreso de la tecnología por razones morales (Agazzi, 1999: 251).

De esto se deriva la importancia de establecer un marco de referencia para el análisis ético de la actividad del científico y del tecnólogo; al respecto Agazzi (1999: 251) menciona diversos límites aplicados a la generación de conocimiento y el desarrollo tecnológico.

Límites en los fines

Una acción puede ser buena o mala dependiendo del objetivo o el fin que se persiga, si este puede ser congruente o incompatible con los valores morales y si tiene el potencial de generar algún daño o malestar; en ese sentido toda acción que pudiera tener un fin perjudicial debería ser prohibida.

Con relación al criterio de que la ciencia pura —que consiste en la búsqueda de conocimientos verdaderos, tiene por fin el saber y, por tanto, es estimada moralmente buena *per se*— debe considerarse sin embargo que las ciencias aplicadas y en la tecnología sus desarrollos pueden tener implicaciones éticas, tal es el caso de las investigaciones y desarrollo tecnológico en el ámbito militar, cuestionado por sus objetivos: crear armas de exterminio.

Límites en los medios, condiciones y circunstancias

Una acción que persiga un fin bueno puede ser cuestionada si las formas concretas como se pretende alcanzar dicho fin se hace bajo condiciones moralmente reprochables. Este criterio es aplicado principalmente en las investigaciones de tipo experimental ya sea en ciencias puras o aplicadas en que se llevan a cabo estudios con seres vivos (principalmente humanos) y en que los estudios pueden comprometer el bienestar de los sujetos de investigación.

Las actividades de los científicos y tecnólogos suelen estar inmersas en un entorno complejo; más allá de las acciones concretas de la actividad investigativa que están libres de implicaciones éticas, las condiciones y circunstancias en que se llevan a cabo pueden generar que un estudio de determinada naturaleza pueda ser moralmente inadmisibile; es decir, una acción puede ser considerada naturalmente correcta y admisible, pero puede ser moralmente condenable bajo circunstancias excepcionales.

Un ejemplo de esto es la crítica que se hace a la investigación del sector aeroespacial en que se invierten enormes cantidades de dinero de fondos públicos, cuando los problemas de pobreza, desigualdad, salud y educación, entre otros, no están completamente resueltos y los recursos económicos asignados a estos rubros generalmente son insuficientes; en la situación anterior la investigación aeroespacial no presenta implicaciones éticas en cuanto a los fines y los medios, pero las condiciones y las circunstancias en que se lleva a cabo es en donde se plantean tales cuestionamientos.

Límites por las consecuencias

El límite de las consecuencias implica un análisis prospectivo de los posibles riesgos de un determinado conocimiento o una tecnología en particular; más allá de una situación inmediata que se vislumbra

moralmente aceptable y sin implicaciones éticas, la reflexión se orienta hacia los riesgos futuros que se pueden derivar del uso de ese conocimiento o tecnología en particular.

En este criterio tanto la ciencia pura, la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico son sometidos al juicio moral, aun cuando la ciencia pura tiene por fin el saber, y el quehacer del científico consiste únicamente en la generación de conocimiento nuevo, se requiere valorar el riesgo que a futuro puede implicar ese conocimiento. A ese respecto De Siqueira (2001: 281) menciona un ejemplo: Oppenheimer, después de años de trabajo en un laboratorio en busca de la fisión nuclear al observar su aplicación en Hiroshima habría señalado que en aquel momento el *científico puro* tomó conocimiento del pecado.

Algunos autores mencionan que las aplicaciones que necesitan discutirse desde el punto de vista ético y social derivados de la convergencia tecnológica se visualizan muy remotas e inclusive poco factibles de llevarse a cabo (Andler *et al.*, 2008: 22). Sin embargo, es necesaria la reflexión ética, sobre todo desde el punto de vista del criterio de las consecuencias que se pueden derivar de un conocimiento o de una tecnología en particular, no con una visión de la inmediatez, sino más bien de las implicaciones sociales en un mediano o largo plazo. Beckert *et al.* (2007: 87) plantean algunas de las posibles implicaciones éticas derivadas de la convergencia tecnológica, estas son:

- En el tema de mejoramiento humano ¿Qué implicaciones éticas y filosóficas sobre la naturaleza humana tendrán implantes, o drogas para mejorar capacidades humanas?
- ¿En qué medida podrán los robots sustituir el trabajo de los seres humanos? ¿Qué implicaciones habrá en la interacción entre hombres y robots?
- ¿Qué implicaciones tendrá en la desigualdad social el acceso a implantes o tecnologías para mejorar la inteligencia o la capacidad de procesar y asimilar más rápidamente información?

- ¿Qué aplicaciones podrán tener los avances en la comprensión del cerebro, de los estados mentales y de la estructura de la personalidad? ¿Podrá ser garantizada la privacidad de los aspectos mentales?
- ¿Cuándo los estados mentales y características personales sean descubiertos, será esta información utilizada para propósitos comerciales?
- ¿Qué efectos tendrá en la sociedad nuevas tecnologías para el control social?

Algunas de estas preocupaciones están comenzando ya a tener implicaciones en la actualidad, tal es el caso del uso de la inteligencia artificial y la digitalización aplicados en la automatización de procesos en las industrias (manufactura avanzada); en los bancos cajeros automáticos que sustituyen los procesos tradicionales; e inclusive el uso de inteligencia artificial en servicios de atención a usuarios por teléfono, en que ya se está sustituyendo por máquinas y tecnologías sofisticadas el trabajo realizado por el hombre.

Por último, cabe mencionar la importancia de la reflexión ética en las temáticas que aborda la convergencia tecnológica y sobre esto resaltar el principio de responsabilidad de Jonas: “actúa de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica” (De Siqueira, 2001: 79). Este principio implica la tarea de estudiar las consecuencias razonablemente previsibles de nuestras elecciones y escoger las que no impliquen consecuencias gravemente negativas ni siquiera a largo plazo. El principio, aplicado al avance de la ciencia y tecnología, se vuelve un imperativo de limitar y evitar aquellas realizaciones tecnológicas cuyas consecuencias podrían ser peligrosas para las generaciones futuras o dañar seriamente sus condiciones de vida. De allí la importancia de la prospectiva para el análisis de las implicaciones futuras de las posibles aplicaciones resultado de la convergencia de conocimiento y tecnología.

Bibliografía

- Agazzi, E. (1999). Los límites éticos del quehacer científico y tecnológico. *Arbor*, CLXII (638), pp. 241-263.
- Andler, D., Barthelmé, S., Beckert, B., Blümel, C., Coenen, C., Fleischer, T., Friedewald, M., Quendt, C., Rader, M., Simakova, E. y Woolgar, S. (2008). *Converging Technologies and their impact on the Social Sciences and Humanities*. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.
- Beckert, B., Blümel, C., Friedewald, M. y Thielmann, A. (2007). R&D Trends in Converging Technologies. En Andler, D., Barthelmé, S., Beckert, B., Blümel, C., Coenen, C., Fleischer, T., Friedewald, M., Quendt, C., Rader, M., Simakova, E. y Woolgar, S., *Converging Technologies and their impact on the Social Sciences and Humanities* (pp. 1-99). Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.
- Bunge, M. (1991). Basic science is innocent; applied science and technology may be guilty. En D.O. Dahlstrom (ed.), *Nature and scientific method*. Buenos Aires: Siglo XX.
- De Siqueira, J. (2001). El principio de la responsabilidad de Hans Jonas. *Acta Bioethica*, VII (2), pp. 277-285.
- Estudillo, J. (2001). Surgimiento de la sociedad de la información. *Biblioteca universitaria*, nueva época, 4 (2), pp. 77-86.
- Giorgi, L. y Luce, J. (2007). Converging science and technologies. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 20 (4), pp. 307-311.
- Marquina, L. (2015). *Convergencia tecnológica para el desarrollo de ciudades del conocimiento*. Buenos Aires: Fundación para el Estudio del Pensamiento Argentino e Iberoamericano.
- Martin, W. (1997). *The global information society*. Londres: Aslib Gower.
- Roco, M., Bainbridge, W., Tonn, B. y Whitesides, G., 2013. *Converge of knowledge, technology and society: Beyond convergence of*

nano-bio-info-cognitive. Dordrecht- Heidelberg-Nueva York-Londres: Springer.

Roco, M.C. y Bainbridge, W.S. (eds.) (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance*. s/l: National Science Foundation.

ÍNDICE

Prólogo	7
La convergencia del conocimiento y las tecnologías: Una propuesta explicativa para las estrategias de fabricación digitalizadas	23
Los grandes cúmulos de datos ¿Una oportunidad para quién?	35
Big Data: muchos datos, muchas posibilidades de uso	43
Big Data: uso de la visualización y la minería de datos	51
La convergencia digital en el automóvil	67
Modelos y simulaciones numéricas para el monitoreo avanzado de sistemas industriales	79
Inclusión Digital y e-Salud: Una propuesta de análisis desde la perspectiva de los sistemas complejos	87

Políticas públicas para la convergencia del conocimiento: El caso del Fondo Mixto Conacyt/Gobierno del estado de Michoacán	101
Algunas reflexiones sobre las implicaciones éticas de la convergencia tecnológica	113

Perspectivas y enfoques de la convergencia de Federico Stezano (coordinador), se terminó de imprimir en noviembre de 2016 en los talleres de Colorama, Gutiérrez Zamora no. 29, Colonia Centro, Xalapa, Veracruz, C.P. 91000. Cuidado de la edición y corrección: Martha Ordaz y Adán Delgado. Diseño de portada, diseño editorial y formación: Cristophe Barrera Ortega.

